

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**MANEJO DE *Bactericera cockerelli* EN PAPA (*Solanum tuberosum*),
UTILIZANDO ACEITE DE SOYA COMO BIOCIDA**

POR:

ESDRAS NEHEMIAS ALVAREZ IZAGUIRRE

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

MAYO 2024

**MANEJO DE *Bactericera cockerelli* EN PAPA (*Solanum tuberosum*),
UTILIZANDO ACEITE DE SOYA COMO BIOCIDA**

POR:

ESDRAS NEHEMIAS ALVAREZ IZAGUIRRE

ROY DONALD MENJÍVAR BARAHONA Ph.D.
Asesor principal

ING. JORGE RANDOLFO GAMEZ FUENTES
Asesor externo

TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A

MAYO, 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

Catacamas, Olancho

ACTA DE SUSTENTACIÓN

Los suscritos miembros del Comité Evaluador del Informe Final de la Práctica Profesional Supervisada certificamos que:

El estudiante **ESDRAS NEHEMIAS ALVAREZ IZAGUIRRE** del IV Año de Ingeniería Agronómica presentó su informe titulado:

**“MANEJO DE *Bactericera cockerelli* EN PAPA (*Solanum tuberosum*),
UTILIZANDO ACEITE DE SOYA COMO BIOCIDA”**

El cual a criterio de los evaluadores _____ el presente trabajo de investigación como requisito previo para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Dado en la ciudad de Catacamas, Departamento de Olancho, a los _____ días del mes de _____ del año dos mil veinticuatro.

ROY DONALD MENJÍVAR Ph. D.

Asesor Principal

M.Sc. JOSÉ ANDRES PAZ

Asesor Auxiliar

M.Sc EDWAR JOSUE RIVERA

Asesor Auxiliar

DEDICATORIA

A **Dios**, dador de la vida, salud y fortaleza, por ser la luz que ha guiado mi caminar y permitirme alcanzar mis metas.

A mis padres **Iván Antonio Álvarez Izaguirre** y **Carmen Suyapa Izaguirre Galeas** por apoyarme en cada una de las etapas de mi vida, por ser la motivación de cada día, por el esfuerzo y sacrificio que han realizado para que yo pudiese avanzar en mi caminar, ellos dos son mis grandes ejemplos de vida, mis héroes, por tal razón, este logro es de ellos.

A mis hermanos **Jessy Paola Álvarez**, **Suyapa Nadaris Álvarez** e **Iván Enrique Álvarez** por ser apoyo fundamental para la construcción de mi vida profesional, por su amor, cariño y motivación en todo momento.

A mi abuelo **Álvaro Álvarez** por enseñarme a ser diligente y perseverante, por ser mi segundo padre, apoyarme y motivarme en todo momento.

AGRADECIMIENTO

A **Dios todopoderoso** por haberme prestado la vida, darme fuerzas y esperanzas en cada momento; por brindarme la sabiduría para culminar mis estudios en la Universidad Nacional de Agricultura.

A **mis padres**, por ser bastiones en mi vida y ayudarme a alcanzar mis sueños; sin su apoyo nada de esto sería posible.

A la **Universidad Nacional de Agricultura**, por ser **mi alma mater** y mi segundo hogar, por brindarme conocimiento de calidad y proporcionarme una experiencia de vida inolvidable.

A mis asesores, **Roy Donald Menjívar Ph. D, M.Sc. José Andrés Paz, M.Sc. Eduar Josué Rivera, Ing. Jorge Gámez e Ing. Norman Delgado** por orientarme en la realización de mi trabajo de investigación.

A **Mayra Larreinaga** por su apoyo incondicional en todo momento, por ser fuente de motivación y creer siempre en mí.

A mis amigos: **Diego Castillo, Rene Carvajal, Wilmer Argueta, Eduar Contreras, Andy Córdova, Elio Castro, y Kati Aguilar** por su invaluable amistad y experiencias vividas en el proceso de formación profesional.

A **SAG/DICTA** por brindarme el espacio para el desarrollo de mi tesis y proporcionar el apoyo logístico y conocimiento para el desarrollo de la misma.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCION	12
II. OBJETIVOS	13
2.1. Objetivo General.....	13
2.2. Objetivos Específicos	13
III. REVISIÓN DE LITERATURA	14
4.1. Importancia del cultivo de papa en la región y en el país.....	14
4.2. Principales plagas que afectan el cultivo de papa en Honduras.....	15
4.2.1. Enfermedades del cultivo de papa.....	15
4.2.2. Insectos plaga en el cultivo de papa	15
4.3. Paratrioza (<i>B. cockerelli</i>).....	16
4.3.1. Biología de <i>B. cockerelli</i>	16
4.3.2. Ciclo biológico	16
4.3.3. Daños que ocasiona a la planta	17
4.5. <i>Candidatus liberibacter solanacearum</i>	18
4.6. Manejo tradicional de <i>B. cockerelli</i>	19
4.7. Alternativas de manejo para <i>B. cockerelli</i>	19
4.8. Aceite de soya como alternativa para el control de <i>B. cockerelli</i>	20
4.8.1. Modo y mecanismo de acción del aceite de soya	21
4.8.2. Parámetros para la aplicación de aceites en los cultivos.....	21
IV. METODOLOGÍA	22
5.1. Lugar experimental	22
5.2. Materiales a utilizar.....	22
5.3. Pruebas en campo	22
5.3.1. Tratamientos utilizados	23

	Pág.
5.3.2. Preparación de los tratamientos, forma y cobertura de las aplicaciones.....	23
5.4. Establecimiento y manejo del cultivo de papa.....	24
5.5. Variables evaluadas.....	25
5.6. Diseño Experimental.....	26
5.7. Análisis estadístico.....	27
V. RESULTADOS Y DISCUSION.....	28
5.1. Resultados.....	28
5.1.1. Número de individuos de <i>B. cockerelli</i> por planta.....	28
5.1.2. Número de plantas con signos de infección por <i>Candidatus liberibacter solanacearum</i>	32
5.1.3. Número de plantas afectadas por la patología punta morada (PM).....	33
5.1.4. Proporción de tubérculos afectados por <i>Candidatus l. solanacearum</i> (zebra chip).....	34
5.1.5. Rendimiento.....	35
5.1.6. Costo de los tratamientos.....	37
5.2. Discusión.....	38
VI. CONCLUSIONES.....	42
VII. RECOMENDACIONES.....	44
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	45
ANEXOS.....	51

Índice de figuras

	Pág.
Figura 1. Adultos de <i>B. cockerelli</i> por planta, comportamiento durante el ciclo del cultivo	29
Figura 2. Promedio general de <i>B. Cockerelli</i> por planta durante el ciclo del cultivo....	29
Figura 3. Huevos de <i>B. cockerelli</i> por planta	30
Figura 4. Ninfas de <i>B. cockerelli</i> por planta	31
Figura 5. Plantas infectadas con <i>Candidatus liberibacter solanacearum</i>	32
Figura 6. Plantas afectadas por Punta Morada	33
Figura 7. Tubérculos con zebra chip.....	34
Figura 8. Categorización de los tubérculos	35
Figura 9. Rendimientos por categoría	36
Figura 10. Costo de los tratamientos	37

Índice de cuadros

	Pág.
Cuadro 1. Fungicidas utilizados durante el ciclo de cultivo	22
Cuadro 2. Insecticidas utilizados como tratamiento químico tradicional	24

Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1. Tratamientos evaluados.....	23

Índice de anexos

	Pág.
Anexo 1. Croquis de la parcela experimental.....	51
Anexo 2. Preparación de suelo y siembra	52
Anexo 3. Semilla variedad DICTA PUREN	52
Anexo 4. Aceite de soya utilizado en los tratamientos.....	52
Anexo 5. Parcela experimental.....	53
Anexo 6. Fitotoxicidad por aplicaciones en jornada matutina (7:00am-11:00am)	53
Anexo 7. Estado de la planta bajo aplicaciones en horario vespertino (4:00 pm)	53
Anexo 8. Realización de muestreos	54
Anexo 9. Estado de las unidades experimentales tratadas con aceite de soya	54
Anexo 10. Estado de las unidades experimentales sin ninguna aplicación.....	55
Anexo 11. Cosecha de las unidades experimentales	55
Anexo 12. Clasificación de los tubérculos	56
Anexo 13. Tubérculos seleccionados al azar para prueba de zebra chip.....	56
Anexo 14. Determinación de tubérculos con zebra chip.....	57
Anexo 15. Zebra chip Tratamiento 4.....	57
Anexo 16. Zebra chip Tratamiento 3.....	57
Anexo 17. Zebra chip Tratamiento 1.....	58
Anexo 18. Zebra chip Tratamiento 2.....	58
Anexo 19. Zebra chip Tratamiento 5.....	59
Anexo 20. Zebra chip Testigo	59
Anexo 21. Pruebas de cobertura de las aplicaciones a base de aceite de soya.....	60
Anexo 22. Cantidad de gotas por $\frac{1}{4}$ cm ² (lente 30x).....	60
Anexo 23. ANAVA y prueba de medias para adultos de <i>B. cockerelli</i> por planta.....	61
Anexo 24. ANAVA y prueba de medias para huevos de <i>B. cockerelli</i> por planta	61
Anexo 25. ANAVA y prueba de medias para ninfas de <i>B. cockerelli</i> por planta.....	62
Anexo 26. ANAVA y prueba de medias para plantas con Clso 34 dds	62
Anexo 27. ANAVA y prueba de medias para plantas con Clso 50 dds	63
Anexo 28. ANAVA y prueba de medias para plantas con Clso 70 dds	63
Anexo 29. ANAVA y prueba de medias para plantas con PM 50 dds	64
Anexo 30. ANAVA y prueba de medias para plantas con PM 70 dds.....	64
Anexo 31. ANAVA y prueba de medias para tubérculos categoría 1	65

Anexo 32. ANAVA y prueba de medias para tubérculos categoría 2	65
Anexo 33. ANAVA y prueba de medias para tubérculos categoría 3	66
Anexo 34. ANAVA y prueba de medias para rendimiento categoría 1	66
Anexo 35. ANAVA y prueba de medias para tubérculos categoría 2	67
Anexo 36. ANAVA y prueba de medias para tubérculos categoría 3	67
Anexo 37. ANAVA y prueba de medias para tubérculos con zebra chip	68

Álvarez Izaguirre, EN (2024). Manejo de *Bactericera cockerelli* en papa (*Solanum tuberosum*), utilizando aceite de soya como biocida. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho. Pág. 68.

RESUMEN

En la zona alta del departamento de Intibucá se evaluó el efecto de aplicaciones foliares de emulsiones de agua-aceite de soya en diferentes concentraciones (T1 2%, T2 4%, T3 6% y T4 8%) e insecticidas sintéticos (T5) una vez por semana sobre las poblaciones de *Bactericera cockerelli*, y su capacidad de transmitir *Candidatus liberibacter solanacearum* causante de la enfermedad zebra chip en los tubérculos y toxinas asociadas a la patología punta morada, de igual manera, la calidad y rendimiento de la producción. Los resultados obtenidos indican que las plantas tratadas con la emulsión aceite de soya-agua, presentaron baja incidencia de individuos de *B. Cockerelli* durante el ciclo del cultivo, y una menor proporción de plantas y tubérculos afectadas por el procarionte y toxinas asociadas a punta morada. Se constato que por sí solo el uso de aceite en concentraciones al 4, 6 y 8% es capaz de reducir en un 65-75% la incidencia de paratrioza, 65%-70% el daño en tubérculos y 80% la presencia de signos que denoten infección por la bacteria. Por otro lado, se corrobora que el uso de aceite de soya al 2% y 4% aumentan los rendimientos en 314.6 y 347.56% en relación al testigo. Las concentraciones (2 y 4%) reducen el costo de manejo de *B. cockerelli* en un 57.49 y 15.28 % en comparación a la aplicación de químicos sintéticos, de esta manera, se estima que el aceite de soya en conjunto con métodos químicos y culturales podrían tener una mayor capacidad para manejar las poblaciones del psílido.

Palabras clave: *Candidatus liberibacter solanacearum*, paratrioza, zebra chip, punta morada, DICTA Puren, rendimiento.

I. INTRODUCCION

El cultivo de papa es un rubro que representa el sustento económico para muchos habitantes de las zonas altas de los departamentos de Intibucá, Ocotepeque, La Paz y algunos lugares de Francisco Morazán, esta actividad es desarrollada por un aproximado de 4000 productores quienes cultivan una área de 2100 hectáreas por año (Toledo 2016), con una producción de 26,718 toneladas (SAG 2020), generando 5800 empleos permanentes (FAOSTAT 2021).

En los años 2009 a 2010 se reportó el ingreso de *B. cockerelli* al país causando un voraz ataque que represento perdidas del 70% de las plantaciones en todo el país, lo cual se tradujo en el declive financiero de muchas familias (Rivas 2018). Para combatir esta plaga, se realizaron aplicaciones intensivas de pesticidas sin hacer rotaciones de grupos químicos lo cual ocasiono que adquiriera resistencia, a tal grado que el control químico por sí solo ya no es suficiente para controlar este insecto (Toledo *et al.* 2017).

Se han desarrollado ensayos en búsqueda de nuevas metodologías para el manejo de paratrioza, tal es el caso de Goncalvez *et al.* (2012) donde se evaluó el efecto de los aceites vegetales de soya, maíz, girasol, algodón y extracto de neem en concentraciones del 3, 2, 1 y 0.5%, el resultado ratifico la eficacia de todos los aceites para ocasionar la mortalidad (70%) en los insectos.

Toledo *et al.* (2017) en un ensayo que da origen a esta investigación, sugieren el uso de aceite de soya para el manejo de paratrioza, pero, indican que se debe comprobar si este tratamiento ocasiona efectos sobre el rendimiento del cultivo de papa, ya que hipotéticamente podría afectar la capacidad fotosintética de las plantas y la obstrucción de estomas. Por lo tanto, con este trabajo se pretende evaluar el efecto del aceite de soya sobre el manejo de paratrioza, así mismo, corroborar su efecto sobre el rendimiento en plantaciones de papa, de esta manera, se puede generar una herramienta que sea útil a los productores nacionales en su lucha contra esta plaga.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar la eficiencia del aceite de soya como potencial biocida sobre el manejo de *Bactericera cockerelli* y su efecto sobre el rendimiento en plantaciones de papa.

2.2. Objetivos Específicos

Determinar bajo condiciones de campo, el efecto biocida de diferentes tratamientos a base de aceite de soya, sobre las poblaciones del insecto fitófago de paratrioza.

Medir el efecto del uso del aceite de soya como biocida, sobre la incidencia de punta morada en el cultivo de papa.

Cuantificar la incidencia de plantas afectadas por *Candidatus liberibacter solanacearum* en plantaciones de papa tratadas con aceite de soya como biocida.

Determinar el efecto del uso del aceite de soya como biocida, sobre la incidencia de la enfermedad zebra chip en el cultivo de papa.

Medir el rendimiento del cultivo de papa, bajo el uso de aceite de soya como biocida.

Estimar el costo de la utilización del aceite de soya como método de manejo de las poblaciones de paratrioza.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Importancia del cultivo de papa en la región y en el país

En Centroamérica y el Caribe el cultivo de papa representa una importante social como fuente alimenticia y económica para muchas familias. En la región, la producción de este tubérculo es liderada por Guatemala con 525,119 toneladas métricas, en segundo lugar, se sitúa Costa Rica con 60,316; la producción en los demás países oscila entre 24,000 y 7000 toneladas por año (Toledo 2016).

En Honduras, es una actividad que a lo largo de los años se ha convertido en el medio de vida para muchas familias de las comunidades rurales ubicadas en las zonas altas del país, contribuyendo a la creación de más de 5000 empleos permanentes al año (SAG 2020), encabezado por un aproximado de 4000 productores quienes cultivan una área de 3000 mz (Toledo 2016), alcanzando una producción de 26,718 toneladas por año (FAOSTAT 2021).

La papa forma parte fundamental en la dieta de la población hondureña, es por ello que la mayor parte de la producción es destinada a mercados nacionales donde se comercializa para consumo humano y la industria, otra parte es exportada principalmente a El Salvador. El consumo per cápita ronda las nueve libras por persona por año (SAG 2021), haciendo la relación con la producción nacional se observa que la producción nacional es deficitaria, por lo tanto, hoy en día existe una dependencia del producto importado.

Por lo tanto, la potenciación de la producción nacional, la implementación de nuevas tecnologías y metodologías de manejo de plagas y enfermedades es de suma importancia, proporcionando mejores alternativas para el desarrollo del rubro y pasar de ser dependientes de producto extranjero a la autosuficiencia.

4.2. Principales plagas que afectan el cultivo de papa en Honduras

Se entiende por plaga a todo organismo vivo que ocasiona daño en los cultivos, estos pueden ser insectos, nematodos, ácaros, virus bacterias y fitoplasmas, las más importantes son:

4.2.1. Enfermedades del cultivo de papa

Las enfermedades causadas por hongos son: el tizón tardío ocasionado por *Phytophthora infestans* que ataca de manera rápida y agresiva a tal punto de poder ocasionar la pérdida de plantaciones, seguido por el tizón temprano (*Alternaria solani*) que aparece en la etapa final del ciclo, afectando el área foliar y reduciendo la actividad fotosintética, por último, *Rhizoctonia solani*, que se encuentra en el suelo que ocasiona en ahogamiento de los tallos jóvenes (Toledo 2016).

Las enfermedades de origen bacteriano son: la pudrición blanda de los tubérculos y los tallos ocasionada por *Erwinia carotovora subsp. Atroseptica*, *E. carotovora subsp. carotovora* y *E. chrysanthemi*. Por otro lado, se tiene a la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum*, ataca el sistema vascular a nivel de floema y xilema limitando el tránsito de nutrientes, fotosintatos y agua, ocasionando una marchitez en las plantas (Toledo 2016), y la punta morada en papa asociada a toxinas secretadas por paratRIOZA y el rayado de los tubérculos ocasionado por *Candidatus liberibacter solanacearum*.

4.2.2. Insectos plaga en el cultivo de papa

Los insectos que dañan las plantaciones de papa son: la gallina ciega (*Phyllophaga obsoleta*) que se alimenta del sistema radicular, áfidos o pulgones (*Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae*) que succionan la sabia y son transmisores de virus, palomilla de la papa, *Pthorimaea operculella* que puede ocasionar la defoliación de las plantas y su mayor daño se produce cuando se alimenta de los tuberculos, la mosca minadora de la hoja (*Liriomyza huidobrensis*), por último la más importante, la ParatRIOZA (*Bactericera cockerelli*) (Espinoza et al. 2014).

4.3. Paratrioza (*B. cockerelli*)

La paratrioza es un hemíptero de la familia Triozidae registrado por primera vez en 1907 en el oeste de EEUU, posee un aparato bucal tipo picador-chupador acompañado de un estilete forado por dos ductos que le permiten succionar líquidos de tejidos vegetales y a su vez, depositar algunas toxinas (Paspuezán 2019).

Según Bujanos *et al*, citado por Moreno (2016) *Bactericera cockerelli* es el insecto que representa la mayor limitante para cultivos de plantas pertenecientes a la familia de las solanáceas como la papa, tomate y chile, esto debido a su facilidad reproductiva, amplia distribución y la capacidad de transmitir fitopatógenos. Toledo (2014) afirma que, en Honduras, la paratrioza presenta daños significativos a cultivos de papa en la época de verano, especialmente durante marzo, abril, mayo y junio, y lo atribuye al incremento de las poblaciones del insecto durante la época calurosa.

4.3.1. Biología de *B. cockerelli*

Las hembras adultas de *B. cockerelli* tienen la capacidad de poner una cantidad promedio de 500 huevos pedunculados por separado en un periodo de 21 días, llegando a ovipositar hasta 1,500 durante su vida, esta es la razón de su alta capacidad reproductiva, los huevos son encontrados normalmente en el envés y bordes de las hojas. Las ninfas normalmente se encuentran por debajo de las hojas, son planas con escamas, estas permanecen inactivas durante los primeros estadios (Bujanos y Ramos 2015).

4.3.2. Ciclo biológico

Cuando se buscan alternativas para combatir plagas que atacan cultivares, especialmente cuando son vectores de enfermedades, es de suma importancia conocer su ciclo de vida ya que así se pueden desarrollar métodos de control en los primeros estadios cuando estos son poco móviles. Según Toledo (2016), cuando los huevos eclosionan (3-7 días), *B. cockerelli* atraviesa 5 estadios ninfales durante 22 días hasta llegar a adulto, los machos adultos pueden vivir hasta por 20 días mientras que las hembras logran perdurar hasta tres veces más.

En el primer instar ninfal presenta un cuerpo aplanado dorsoventralmente, forma oval, con cabeza y tórax fusionados, en el segundo estadio se observa la división entre cabeza y tórax, así mismo, se identifican paquetes alares desarrollados y los primeros espiráculos, en el tercer estadio los espiráculos se encuentran bien desarrollados, en la cuarta etapa la constricción del tórax y abdomen es más notoria, en el último instar ya se presentan alas desarrolladas, abdomen segmentado, mancha en forma de Y en la parte media dorsal; después de 30 días aproximadamente este insecto completa su ciclo (Jarillo *et al.* 1995).

4.3.3. Daños que ocasiona a la planta

Existen dos tipos de daños, los directos e indirectos; los primeros son producto de la alimentación, los insectos devoran los órganos de las plantas o succionan sus fluidos debilitándola y limitando su crecimiento. Por otro lado, los daños indirectos son consecuencia de la transmisión de patógenos (bacterias) que pasan del insecto a la planta durante la alimentación, de igual manera, las lesiones causadas por insectos pueden ser una ventana para la entrada de hongos que de otra manera no podrían atacar a las especies vegetales (Cañedo *et al.* 2011).

- **Daños directos**

A partir de la primera etapa de ninfa, el modo de alimentación de la paratrioza es por succión de la savia elaborada, a medida esto ocurre, se produce un amarillamiento temporal y un letargo en el crecimiento de las plantas (Espinoza 2022).

- **Daños indirectos**

Según Espinoza (2022) los daños indirectos de *B. cockerelli* se atribuyen a la capacidad de transmitir la bacteria *Candidatus liberibacter solanacearum* causante de la enfermedad “rayado del tubérculo en papa” y “punta morada de la papa”, ocasionando daños irreparables. Por otro lado, muchos estudios realizados a nivel mundial, señalan que la patología punta morada es atribuible a *Candidatus phytoplasma* spp y a la liberación de toxinas por parte de paratrioza durante la alimentación (Universidad de Nariño 2021).

Ambas patologías están asociadas directamente a *B. cockerelli*, dentro de los signos ocasionados por *Candidatus liberibacter solanacearum* se encuentran el achaparramiento de la planta, abultamiento del tallo en los lugares de inserción de las hojas, formación de tubérculos aéreos, los tubérculos desarrollan un pardeamiento interno y generalmente no brotan, o si lo hacen, sus brotes son muy delgados (Rubio *et al.* 2011), *Candidatus phytoplasma* spp ocasiona la punta morada en el cultivo de papa. “La coloración oscura en los tubérculos frescos se asocia principalmente con la oxidación enzimática de compuestos fenólicos” (Rubio *et al.* 2013).

Los estadios de *B. cockerelli* no intervienen en la capacidad de transmitir la bacteria, lo que si varía es el tiempo que tardan ya que las ninfas solo requieren 15 minutos mientras que los adultos 30, las crías pueden adquirir la bacteria a través de una transmisión transovárica por parte de una madre infectada y los adultos a través de la alimentación. La bacteria y el vector mantienen una endosimbiosis ya que el intestino del insecto es colonizado por el procarionte y este ayuda al desdoblamiento de carbohidratos para que puedan ser fácilmente asimilados (Delgado *et al.* 2019).

4.5. *Candidatus liberibacter solanacearum*

Es un procarionte Gram negativo que parasita el floema de plantas pertenecientes a la familia de las solanáceas, al colonizar los tejidos floemáticos *C. liberibacter solanacearum* tiene acceso a fotoasimilados como sacarosa, fructosa y glucosa, estos difícilmente pueden ser utilizados por los órganos sumideros de fotosintatos. En el proceso de patogénesis se ha identificado la secreción de genes implicados en la absorción y retención de tiamina (fundamental en la producción de energía en las plantas) y hierro, asociados al desarrollo de la enfermedad, causando el agotamiento de la energía y deficiencia de nutrientes en la planta (Delgado *et al.* 2019).

Al inocularse en la planta, la bacteria se mueve hacia los órganos en crecimiento donde hay mayor demanda de fotosintatos, los efectos de *C. liberibacter solanacearum* se presentan tres semanas después de la inoculación, es decir, cuando un agricultor hace la detección, probablemente han pasado de tres a seis semanas desde la infección (Rubio

et al. 2013), es por ello que se debe monitorear la presencia del insecto y tomar medidas de control preventivo.

4.6. Manejo tradicional de *B. cockerelli*

El manejo de *B. cockerelli* se ha basado en labores culturales que buscan prevenir o retardar la llegada del insecto y la diseminación de *C. liberibacter solanacearum* en los cultivos, ha existido una alta dependencia de pesticidas de largo poder residual como el caso de neonicotinoides aplicados al suelo y abamectina al follaje, uso de estos insumos ha causado resistencia en la plaga. Los piretroides no son recomendados ya que se ha demostrado que los insectos no mueren al momento de la intoxicación y logran ovipositar hasta un 30% más de huevos. Por otro lado, el impacto ambiental del uso tradicional de agroquímicos ha ocasionado un alto impacto ambiental (Espinoza *et al.* 2014).

4.7. Alternativas de manejo para *B. cockerelli*

Para poder manejar las poblaciones de paratrioza es necesario implementar el manejo integrado de plagas (MIP) utilizando métodos biológicos, etológicos, botánicos, culturales y el uso racional de agroquímicos.

Dentro del control biológico se tiene que hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, se ha comprobado que, en condiciones de invernadero, estos microorganismos pueden ocasionar una mortalidad del 82% en las poblaciones de *B. cockerelli* pudiendo variar de acuerdo a la cepa utilizada (Villegas 2015). Por otro lado, el uso de enemigos naturales es otra alternativa, dentro de estos se sabe que *Tamarixia triozae* es un parasitoide las ninfas de *B. cockerelli*, *Hippodamia convergens* y *Chrysoperla* spp depredan huevos y ninfas (Rubio *et al.* 2013). Al utilizar estos insectos se debe ser cuidadoso con el uso de insecticidas.

El uso de trampas amarillas ha demostrado ser efectivo, no como método de control, pero si como una estrategia para monitorear la incidencia *B. cockerelli* en los campos de papa, ya que se ha este insecto es atraído por dicho color.

Actualmente en nuestro medio, la manera más eficaz de manejar las poblaciones de *B. cockerelli* es a través del uso de agroquímicos sintéticos, pero, esto no es garantía de obtener resultados exitosos debido a la simbiosis persistente entre *Candidatus liberibacter solanacearum* y paratrioza (Sengoda *et al.* 2014) y eficiencia del vector en transmitir el patógeno (Sandanayaka *et al.* 2014), debido a esto, los productores recurren al uso excesivo de insecticidas sintéticos, lo que se traduce en aumento de resistencias por parte del vector y altos costos de producción asociados al manejo de dicho insecto.

Como parte del control botánico, se ha verificado que los aceites vegetales poseen propiedades insecticidas, en primer lugar, su acción ovicida se basa en la obstrucción de los aerópilos limitando el intercambio gaseoso, alteración del equilibrio osmótico y la actividad de enzimas, esto produce la muerte del embrión lo que previene la proliferación de las plagas; en los diferentes estadios, el aceite recubre al insecto y ocasiona una muerte por asfixia (Alvarez *et al.* 2016).

4.8. Aceite de soya como alternativa para el control de *B. cockerelli*

Salas (1985) menciona que el aceite de soya contiene monosacáridos en grandes cantidades, que le confieren cualidades para el manejo de insectos en inmaduros ya que limita significativamente su desarrollo.

Toledo *et al.* (2017) llevaron a cabo un estudio donde se determinó la eficacia de una emulsión de aceite de soya y agua al 2% como método de control para paratrioza versus aplicaciones de insecticidas sintéticos, al analizar los datos recolectados, concluyeron que las plantas tratadas con ambos tratamientos presentaron una menor proporción de plantas afectadas por *Candidatus liberibacter solanacearum* agente causal de la enfermedad “papa rayada” y transmitido por la paratrioza. Sin embargo, mencionan que ambos controles por si solos no son suficientes, pero que existe la posibilidad de sinergismo al aplicarlos en conjunto, pero para ello, se debe determinar si el aceite de soya afecta negativamente los rendimientos del cultivo.

En la investigación realizada por Ramírez *et al.* (2008) se evaluó el uso insecticidas alternativos para el control de *Bactericera cockerelli* en el cultivo de chile jalapeño, hicieron muestreos previos y 24 a 48 horas después de la aplicación de los insecticidas. En los tratamientos se incluyó Soil-uSol (insecticida a base de aceite de soya y extracto de ajo), los resultados indicaron que este método de control fue con el que se obtuvo una menor infestación de paratrioza.

4.8.1. Modo y mecanismo de acción del aceite de soya

Por otro lado, la casa comercial Stoller ha desarrollado un producto (Golden Pest Spray Oil®) cuyo ingrediente activo es aceite de soya al 93% cuyo modo de acción es mecánico o físico y su mecanismo de acción se basa en la asfixia, sofocación y desecación, ya que al asperjarse y entrar en contacto con los insectos forma una capa sobre ellos y obstruye aerópilos y espiráculos en estadios posteriores limitando la respiración, impidiendo el intercambio gaseoso y provocando la muerte. De igual manera, en insectos de cuerpo blando, provoca una plasmólisis celular al ocasionar una acción lipolítica sobre las capas cerosas de la cutícula, provocando la deshidratación y desecación (Stoller 2023).

4.8.2. Parámetros para la aplicación de aceites en los cultivos

Antes de realizar aplicaciones a base de aceites, se deben considerar factores como la temperatura ambiental la cual no debe sobrepasar los 30°C, preferiblemente en horas de la mañana o por la noche; los aceites no son compatibles con el azufre, de igual manera, no debe mezclarse con micronutrientes, fertilizantes foliares o fungicidas ya ocasionan la ruptura de la película de aceite y por ende su mecanismo de acción sobre los insectos se pierde. Las aplicaciones deben realizarse con asperjadoras de motor, esto debido a que la presión que proporcionan es mayor, permite que las gotas sean más finas lo que permite lograr una mejor cobertura (Balderramo 2022).

IV. METODOLOGÍA

5.1. Lugar experimental

El estudio se llevó a cabo entre enero y abril del 2024 en la Estación Experimental Santa Catarina, perteneciente a la Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA), ubicada en la ciudad de La Esperanza, Intibucá (14°18'37.47"N y 88°09'04.52"; a 1684 msnm). La precipitación anual del sitio es de 1290 mm con presencia de lluvias 160 días del año, la temperatura varía de 10-25 °C, la humedad relativa de la zona es del 70%.

5.2. Materiales a utilizar

Para llevar a cabo la investigación se utilizó la variedad certificada DICTA Puren libre de *Candidatus liberibacter solanacearum*, aceite de soya con antioxidante TBHQ (terbutilhidroquinona) de uso doméstico, mochila de motor (STIHL SR 420) con capacidad de 20 litros, papel hidrosensible; el análisis estadístico se hizo a través del programa InfoStat. De igual manera, se utilizaron insecticidas de la tabla 1 y fungicidas mencionados en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Fungicidas utilizados durante el ciclo de cultivo

Fungicidas	Nombre comercial	Dosis
Dimetomorf 9% + Mancozeb 60%	Acrobat MZ69 WP	8.3 ml/lit
Clorotalonilo 50%	Daconil 50 SC	5.5 ML/lit
Azoxystrobin 20% + Cyproconazole 8%	Aztrostar Xtra 28 SC	2.7 gr/lit
Cymoxanil 8% + Mancozeb 64%	Curaxil 72 WP	0.8 gr/lit

5.3. Pruebas en campo

En campo, se evaluó la aplicación de una emulsión de aceite de soya de uso doméstico en diversas concentraciones una vez por semana a lo largo del ciclo de cultivo de plantas de papa para determinar su efecto sobre el manejo de paratiroza, de igual manera, se utilizó

un tratamiento químico una vez por semana, esto permitió hacer una comparación para determinar el efecto de la emulsión de aceite y agua sobre el rendimiento del cultivo. Los tratamientos evaluados se presentan en la Tabla 1.

5.3.1. Tratamientos utilizados

Tratamientos	Descripción
T1	agua y aceite al 2%
T2	agua y aceite al 4%
T3	agua y aceite al 6%
T4	agua y aceite al 8%
T5	manejo químico una vez por semana
T6	testigo (sin ninguna medida de control)

Tabla 1. Tratamientos evaluados

Toledo *et al.* (2017) menciona que a partir del uso de una concentración del 2% de aceite de soya se presentan efectos positivos sobre el manejo de paratuberculosis, pero, advierten que el aumento sustancial de las dosis podría afectar el rendimiento del cultivo, por tal razón, se utilizaron diversas concentraciones para determinar si existen diferencias al ser implementadas en el cultivo de papa. Para el tratamiento químico se realizaron aplicaciones una vez por semana, alternando cada uno de los insecticidas sintéticos mencionados en el Cuadro 2.

5.3.2. Preparación de los tratamientos, forma y cobertura de las aplicaciones

La emulsión de agua y aceite se realizó agregando a la bomba la mitad de la cantidad de agua a utilizar por aspersión, posteriormente se adiciono la cantidad de aceite correspondiente a cada tratamiento, en este punto se agito hasta homogenizar la mezcla, finalmente se agregó el resto de agua y se volvió a realizar la agitación; no se añadió ningún otro componente a la emulsión. Para preparar la solución química se siguió el mismo procedimiento, variando únicamente la adición de adherente. Las emulsiones agua + aceite presentaron reacción alcalina (pH= 8), pero, no se adicionó acidificante para ninguno de los casos.

En primera instancia las aplicaciones se realizaron en horas de la mañana, al ser época de verano con calores excesivos las plantas presentaban signos de fitotoxicidad (quemaduras en folíolos y tallos), por tal razón, se aplicaron los tratamientos en horas frescas de la tarde (4:00 pm), con esta modificación se eliminaron signos visibles por toxicidad y la eficiencia de las aspersiones de aceite aumento. Las aplicaciones fueron dirigidas al envés de las hojas, ya que es aquí donde normalmente paratíroza ovíposita, por lo tanto, es el sitio donde se desarrollan las ninfas hasta convertirse en adultos.

Para determinar la cobertura de la aplicación de cada tratamiento, se realizó una medición utilizando papel hidrosensible que al entrar en contacto con gotas de agua se torna de otro color. La mejor cobertura se obtuvo con las concentraciones de aceite al 8% (360 gotas/cm²) y 6% (448 gotas/cm²), seguido de las emulsiones de aceite y agua al 4% (480 gotas/cm²) y 2% (540 gotas/cm²), todas las aplicaciones superan el índice ideal de cobertura para insecticidas que es de 20-30 gotas/ cm² (Syngenta 2012). Cabe resaltar que las gotas aumentaron de tamaño en paralelo a la concentración utilizada, por tal razón, aunque en los tratamientos más elevados existió una menor cantidad de piscas, la cobertura fue mejor (ver Anexo 21-22).

Cuadro 2. Insecticidas utilizados como tratamiento químico tradicional

Ingrediente activo	Nombre comercial	Dosis	Grupo químico	Fisiología objetivo
Spirotetramat 15 %	Movento 150 OD	1 ml/lit	Inhibidores de la acetil-CoA carboxilasa	Síntesis lipídica, regulación del crecimiento
Acetamiprid 20%	Rescate 20 SP	0.74 gr/lit	Neonicotinoides	Sistema nervioso
Ciantraniliprol 20%	Verimark 20 SC	1 ml/lit	Moduladores del receptor de la rianodina	Sistema nervioso
Thiametoxam 25%	Actara 25 WG	0.80 gr/lit	Neonicotinoides	Sistema nervioso

5.4. Establecimiento y manejo del cultivo de papa

Para establecer la parcela experimental se utilizaron tubérculos de la variedad DICTA-Puren como material certificado. La densidad de siembra fue de 33,333 plantas por

hectárea, con un distanciamiento de 0.30 m entre planta y 1 m entre surcos de 6 m de largo.

La fertilización consistió en la aplicación de 200-400-200 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O, se aplicó todo el fósforo y mitad de N y K₂O al fondo del surco, al momento de la siembra. El resto del fertilizante se aplicó al momento del aporque (35 dds).

Las plantas recibieron aplicaciones de los fungicidas Dimetomorf 9% + Mancozeb 60%, Clorotalonilo 50%, Azoxystrobin 20% + Cyproconazole 8% y Cymoxanil 8% + Mancozeb 64%, el intervalo de aplicaciones vario en relación a las condiciones climáticas que se presentaron en la zona donde se estableció la parcela experimental. El riego se hizo por goteo 6 veces por semana. Se aplicaron bactericidas al suelo (oxitetraciclina, sulfato de cobre 24% y sulfato de gentamicina 10% + clorhidrato de oxitetraciclina 30%) para contrarrestar un brote de *Ralstonia solanacearum* que se presentó después del aporque.

5.5. Variables evaluadas

Número de individuos de *B. cockerelli* por planta: Para determinar la incidencia del insecto, en los dos surcos centrales, de los cuatro que contiene cada unidad experimental, se muestrearon seis plantas (un día después de las aplicaciones) elegidas del centro y al azar, a partir de la semana cuatro después de la siembra, en cada una se contabilizó el número de adultos, ninfas (sin discriminar por instar) y huevos. Los datos se anotaron por planta por unidad experimental.

Número de plantas con signo de daño por *Candidatus liberibacter solanacearum*: Se realizaron tres contabilizaciones del número de plantas afectadas por cada unidad experimental, comenzando a los 34 días después de la siembra ya que es de tres a cuatro semanas después de la infección cuando comienzan a reflejarse signos de una infección por la bacteria. Se consideró como plantas afectadas por la bacteria, aquellas que presentaron achinamiento y enrollamiento hacia dentro de los folíolos nuevos, amarillamiento general, y engrosamiento de nudos. Los datos se anotaron por unidad experimental.

Número de plantas afectadas por la patología punta morada (PMP): Se hicieron 3 muestreos (34, 50, 70 dds) en cada unidad experimental y se contabilizaron las plantas con coloración morada en la base de los folíolos en la parte apical de la planta y formación de tubérculos aéreos. Gutiérrez Ibáñez *et al.* (2013) mencionan que la patología PMP presentan signos similares a Zebra chip afección ocasionada por *Candidatus liberibacter solanacearum*.

Proporción de tubérculos afectados por *Candidatus l. solanacearum* (zebra chip): En cada unidad experimental, 12 tubérculos tomados al azar (de primera y segunda categoría) fueron cortados por la mitad para determinar la presencia de daño ocasionado por la bacteria. Se consideraron tubérculos afectados aquellos que presentaron manchas discontinuas en forma de pequeñas rayas de coloración parda en la parte medular del tubérculo, que estaban presentes de forma generalizada en toda la medula o solo sobre el círculo que forma el tejido vascular (floema). Después del muestreo, se anotó por unidad experimental, el número de tubérculos que presentaron daño.

Rendimiento: Las plantas fueron quemadas con el herbicida Paraquat a los 70 días después de la siembra, la cosecha se llevó a cabo 10 días después de la aplicación. De los dos surcos centrales de cada unidad experimental se cosecharon 30 plantas, una vez cosechadas, los tubérculos fueron clasificados en tres categorías: primera con un diámetro ecuatorial de 55 mm o más, segunda con diámetro ecuatorial entre 35 y 45 mm, y tercera con diámetro ecuatorial menor 35 mm (Toledo 2016). Posteriormente, se contabilizaron y pesaron separadamente por cada categoría por unidad experimental.

Costo de los tratamientos: para determinar si los tratamientos son económicamente viables, se midió la cantidad de aceite aplicado a lo largo del ciclo por unidad experimental y se determinó el costo total por hectárea. Se realizó el mismo procedimiento con las aplicaciones de insecticidas sintéticos.

5.6. Diseño Experimental

Para los tratamientos de diferentes concentraciones de aceite, tratamiento químico y sin ninguna medida de control se utilizó un DBCA con cuatro repeticiones. La unidad

experimental consistió en cuatro hileras de plantas de papa de 6 m de largo y 1 m de separación, cada hilera constó de 20 plantas distanciadas a 0.3 m, los datos se tomaron de los dos surcos centrales, para evitar el efecto de bordo de los tratamientos, durante cada aspersion se utilizó un nailon para evitar el error por la deriva de las aplicaciones.

5.7. Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza, este análisis estadístico es muy empleado en la interpretación de los resultados de los ensayos agrícolas, por ser un método de alta precisión, flexible y de fácil aplicación (Little y Jackson 1983). De igual manera, la significancia de las medias de los tratamientos fue determinada a través de la prueba de comparación de medias LSD Fisher (5%) (De la Loma 1982), haciendo uso del programa estadístico InfoStat 2020.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. Resultados

5.1.1. Número de individuos de *B. cockerelli* por planta

- **Adultos de *B. cockerelli***

La presencia de adultos de paratrioza fue manifiesta con una diferencia estadística ($p=0.0053$), en todas las unidades experimentales, los muestreos realizados indican que los tratamientos 3 y 4 a base de aceite + agua ejercieron mejor manejo de las poblaciones adultas de *B. cockerelli* Sulc, contrastando con el testigo donde se presentó una elevada población del psílido. La prueba de medias LSD Fisher al 5% indica que en el primer muestreo la emulsión de agua+aceite al 6% (T3), presento mayor eficacia (0.08 adultos por planta).

Tomando como referencia el segundo muestreo, indica una diferencia estadística entre los tratamientos de aceite y químico con respecto al testigo ($p=0.0003$), donde las unidades tratadas con la concentración de aceite al 8% (T4) y 4% (T2) presentaron una menor cantidad de adultos por planta (0.13 y 0.29 a/p¹) que el resto. En la tercera muestra, los tratamientos 4 (0.46 a/p), 3 (0.63 a/p), 5 (0.83 a/p), 2 (0.88 a/p) y 1 (0.88 a/p), presentaron menor incidencia del vector en comparación al testigo donde el promedio de adultos por planta fue de 1.83 (ver Figura 1), existiendo contrastes estadísticamente significativos ($p=0.0124$). En la figura 1 se puede observar que los tratamientos 4 y 3, presentan una población que tiende a menorar en comparación al tratamiento químico tradicional.

¹ Adultos por planta

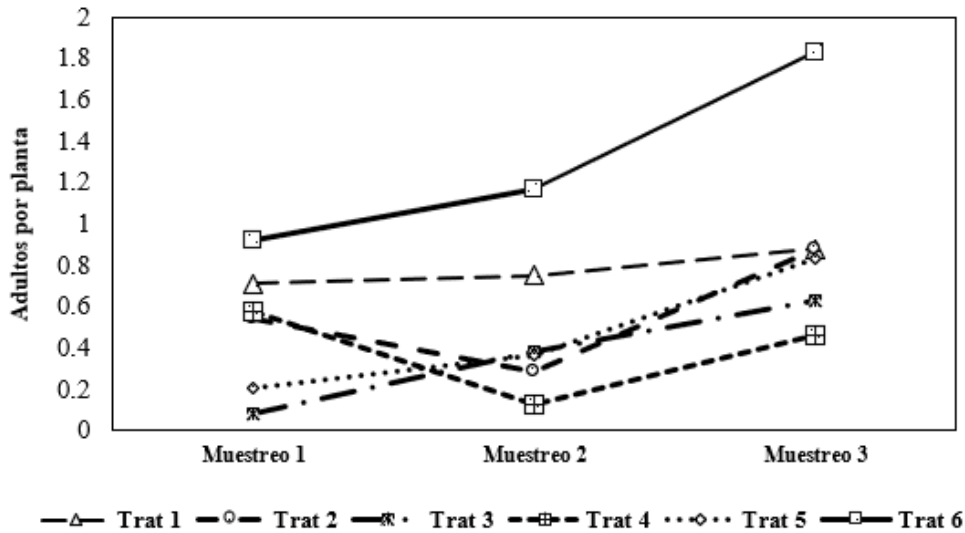


Figura 1. Adultos de *B. cockerelli* por planta, comportamiento durante el ciclo del cultivo

De igual manera, existieron diferencias significativas ($p < 0.0001$) en cuanto al promedio de adultos de paratrioza por planta a lo largo del ciclo del cultivo, la prueba de medias de LSD Fisher 5% indica que la eficacia de los tratamientos en el manejo de las poblaciones adultas de *B. cockerelli* fue en el siguiente orden (ver Figura 2): T4 (0.31 a/p), T3 (0.36 a/p), T2 (0.43 a/p), T5 (0.46 a/p) y T1 (0.82 a/p), en comparación al testigo (1.25 a/p).

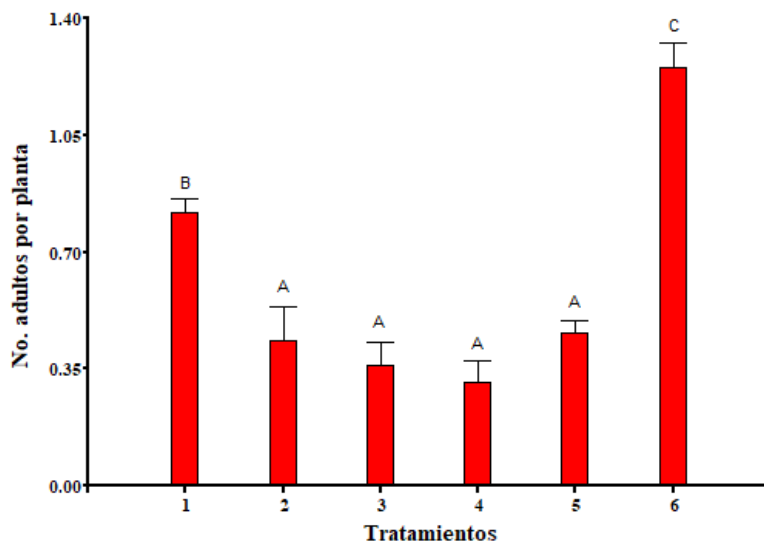


Figura 2. Promedio general de *B. Cockerelli* por planta durante el ciclo del cultivo

*ANOVA y prueba LSD Fisher (5%)

*Medias seguida de la misma letra no son significativamente diferentes

*Gráfico error estándar

- **Huevos de paratrioza por planta**

Según el análisis de varianza, hubo diferencias estadísticamente significativas ($p=0.0006$), los tratamientos a base de aceite de soya + agua y la aplicación de insecticidas sintéticos presentaron menor cantidad de huevos de *B. cockerelli* por planta en relación al testigo (Figura 3).

La prueba de LSD Fisher 5% indica que el orden de eficacia fue: T4 (2.38 h/p²), T3 (2.63 h/p), T1 (2.67 h/p), T2 (3.46 h/p) y T5 (4.26 h/p), en comparación al testigo (9.59 h/p).

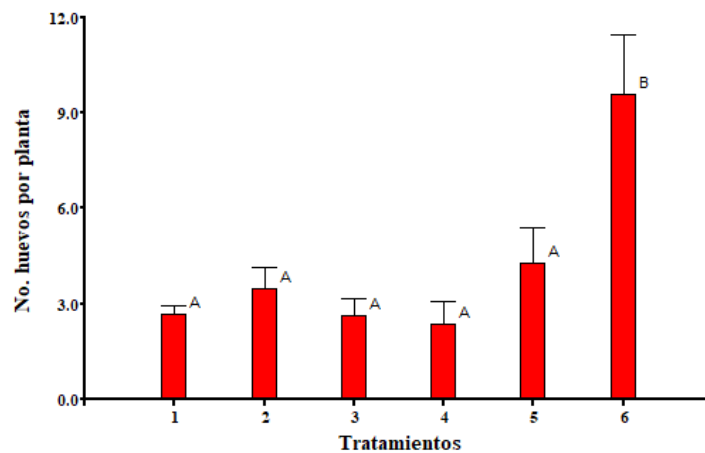


Figura 3. Huevos de *B. cockerelli* por planta

*ANAVA y prueba LSD Fisher (5%)

*Medias seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes

*Gráfico error estándar

² Huevos por planta

- **Ninfas de *B. cockerelli* por planta**

Para la población inmadura de paratrioza existieron diferencias significativas ($p < 0.0001$) entre las unidades tratadas con las diferentes concentraciones de aceite de soya + agua y las aplicaciones de insecticidas sintéticos en comparación al testigo.

La cantidad de inmaduros de *B. cockerelli* fue mayor en el testigo (17.96 ninfas por planta), seguido por el tratamiento químico (2.06 ninfas por planta), superando el umbral de daño económico (una ninfa por planta). La observación en campo a través muestreos indica que el uso de aceite de soya en sus diversas concentraciones no permitió la eclosión de los huevos, por tal razón, no hubo presencia de ninfas en las unidades experimentales pulverizadas con las emulsiones oleo-acuosas (ver Figura 4).

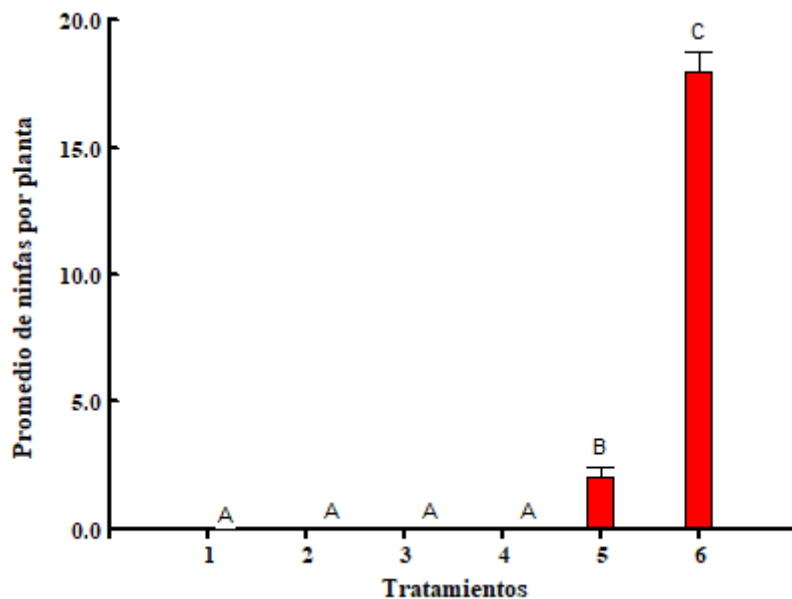


Figura 4. Ninfas de *B. cockerelli* por planta

*ANAVA y prueba LSD Fisher (5%)

*Medias seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes

*Gráfico error estándar

5.1.2. Número de plantas con signos de infección por *Candidatus liberibacter solanacearum*

El análisis de varianza indica la existencia de diferencias significativas ($p < 0.0001$) en cuanto a la cantidad de plantas afectadas por CLso, indicando que las diferentes concentraciones de aceite redujeron la afectación del procarionte en comparación al tratamiento químico y el testigo.

Según la prueba de LSD Fisher 5%, a los 70 dds³, los tratamientos a base de aceite de soya presentaron una menor proporción de plantas infectadas, el porcentaje de afectación en relación a 40 plantas fue: T1 (20.63% daño), T2 (18.75% daño), T3 (23.12% daño), T4 (22.5% daño). El uso de aceite de soya presentó mayor eficacia que la aplicación de insecticidas (T5) donde el porcentaje de daño fue de 44.37%, y en el testigo (C) la afectación por la bacteria fue del 60 % (ver Figura 5)

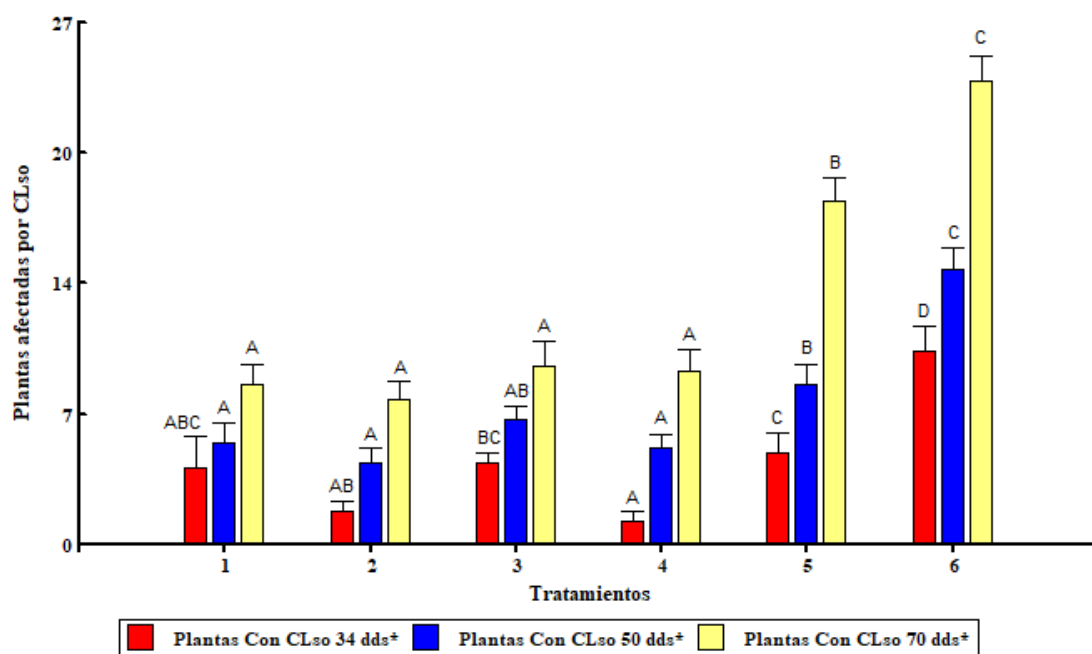


Figura 5. Plantas infectadas con *Candidatus liberibacter solanacearum*

*ANAVA y prueba LSD Fisher (5%)

*Medias seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes

*Gráfico error estándar

³ Días después de la siembra

5.1.3. Número de plantas afectadas por la patología punta morada (PM)

El análisis de varianza indicó que las unidades tratadas con diferentes concentraciones de aceite y agua presentaron diferencias significativas ($p < 0.0001$) en cuanto a la proporción de plantas afectadas por “punta morada” en comparación al tratamiento químico y el testigo. Según la prueba de LSD Fisher 5%, los tratamientos 2, 1, 4 y 3 fueron los que mejores resultados presentaron, seguido de la aplicación químicos sintéticos, y el testigo (ver Figura 6).

Existió una correlación entre las plantas afectadas por *Candidatus liberibacter solanacearum* y la presencia de la patología de punta morada (PM). Esto se debió a que las infectadas por la bacteria producto de la alimentación de *B. cockerelli* al mismo tiempo adquirieron las toxinas causantes de dicha enfermedad fitopatológica, cuyos signos no fueron visibles hasta el día 50 dds.

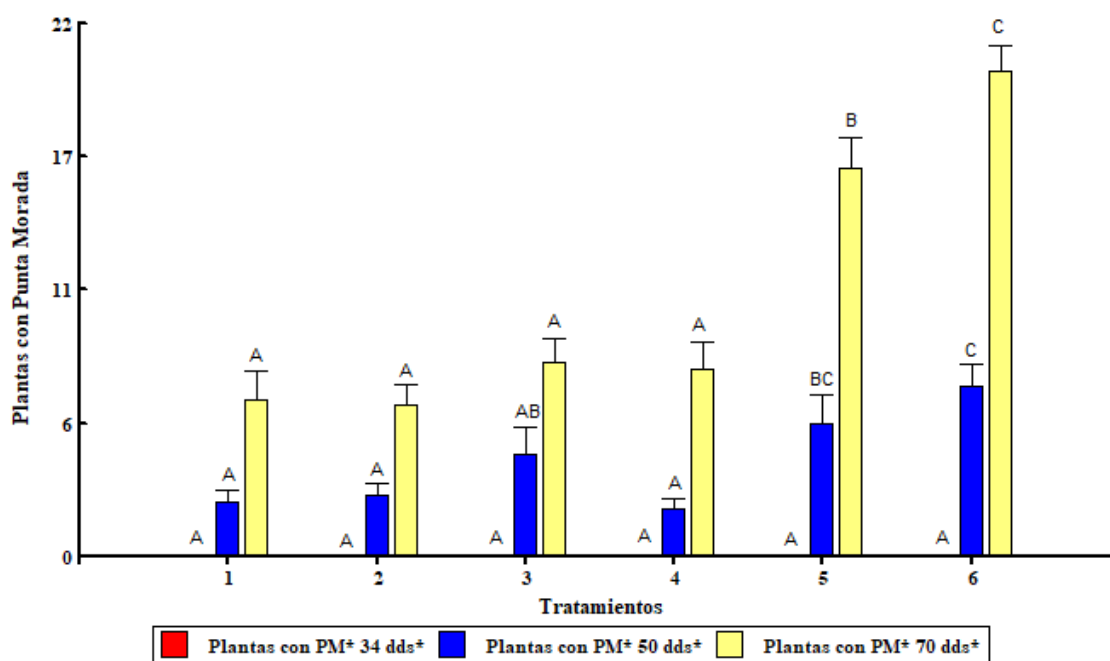


Figura 6. Plantas afectadas por Punta Morada

*ANAVA y prueba LSD Fisher (5%)

*Medias seguida de la misma letra no son significativamente diferentes

*Gráfico error estándar

5.1.4. Proporción de tubérculos afectados por *Candidatus I. solanacearum* (zebra chip)

Los resultados indican un contraste significativo ($p=0.0362$) entre los diferentes tratamientos y el testigo. Por otro lado, la prueba de comparación de medias LSD Fisher indica una igualdad estadística entre los tratamientos 1, 2, 3,4 y 5, los cuales difieren con el testigo (ver Figura 7).

En todos los tratamientos existió la presencia de tubérculos afectados por zebra chip, los mejores resultados se presentaron en las unidades experimentales tratadas con la emulsión de agua+aceite al 4% (29% daño), 8% (35.4% daño) y 6% (35.4% daño); la concentración de aceite al 2% fue menos eficaz presentando un daño en tubérculos del 41.67%, seguido del tratamiento químico 45.8% de afectación y el testigo con una proporción del 73% de papas con zebra chip.

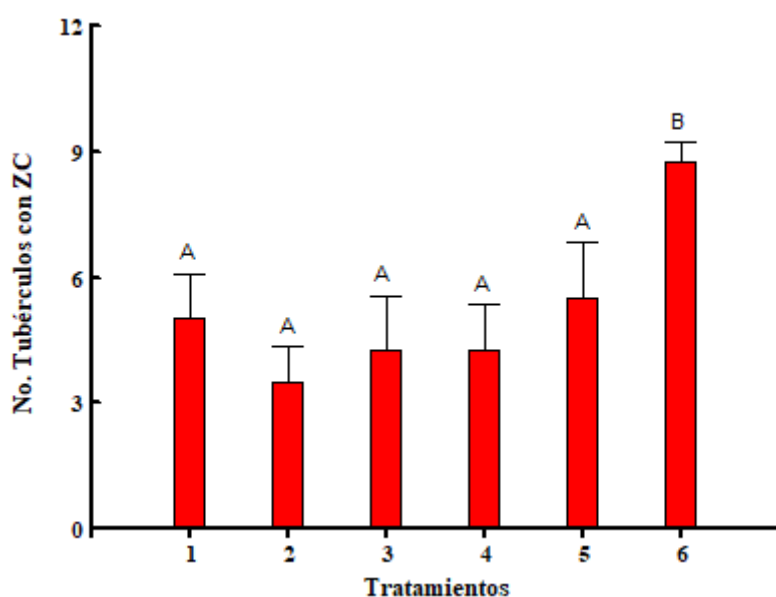


Figura 7. Tubérculos con zebra chip

*ANAVA y prueba LSD Fisher (5%)

*Medias seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes

*Gráfico error estándar

5.1.5. Rendimiento

Calidad de los tubérculos

El uso de aceite de soya tuvo efecto en los rendimientos y calidad de los tubérculos, estadísticamente hubo diferencias significativas entre los tratamientos para la categoría 1 ($p=0.0002$) y categoría 3 ($p=0.0004$). En la categoría 2 no existió un contraste significativo ($p=0.1549$), esto indica que la producción en esta categoría fue similar en todas las unidades experimentales.

Los tratamientos 2 y 1 en promedio, presentaron una mayor producción de papas de primera categoría (55 y 49 unidades); a partir de la concentración de aceite al 6% (T3) la cantidad de tubérculos de primera clase comenzó a decaer (ver Figura 8). En el tratamiento químico la producción fue inferior debido a la cantidad de plantas afectadas por CLso, la proporción de papas de primera categoría fue raquítica en el testigo (15 tubérculos). En la categoría 2 se obtuvieron valores estadísticamente similares. La cantidad de papas de tercera calidad fue mayor en el testigo.

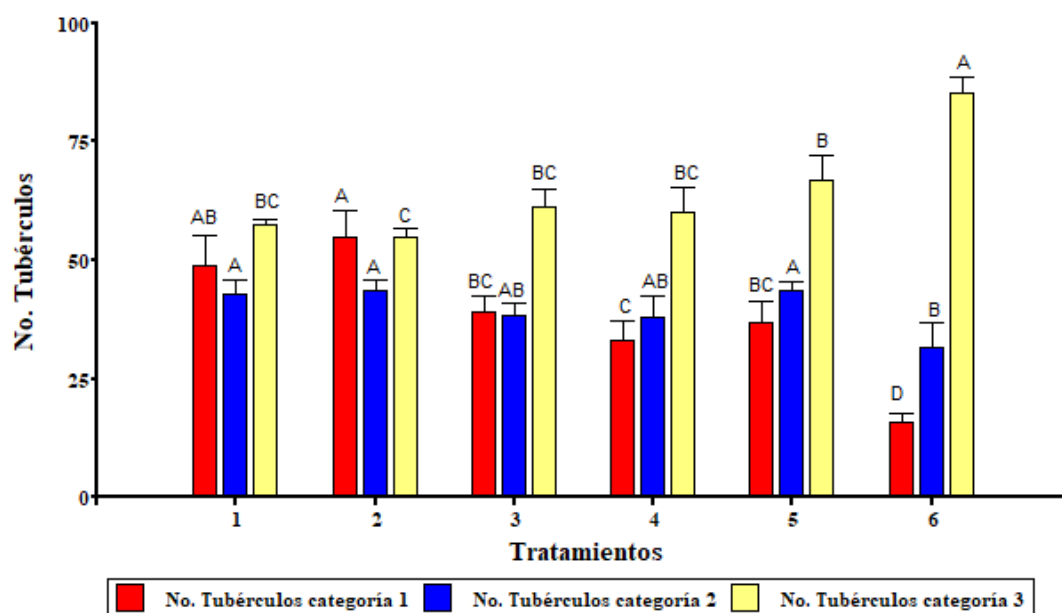


Figura 8. Categorización de los tubérculos

*ANAVA y prueba LSD Fisher (5%)

*Medias seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes

*Gráfico error estándar

Rendimientos por tratamiento

Para la categoría 1, entre las concentraciones de aceite, el uso de insecticidas sintéticos y el testigo, hubo diferencias significativas en los rendimientos obtenidos ($p < 0.0001$); la producción por hectárea fue: T1 (8,522.12 Kg), T2 (9,206.97 Kg), T3 (5,908.02 Kg), T4 (4,823.18 Kg), 5 (5494.9 Kg) y testigo (2,060.58 Kg).

Para la categoría 2 hubo contrastes significativos ($p = 0.0422$), los rendimientos fueron: T1 (3,863.6 Kg), T2 (4,141.36 Kg), T3 (3,348.45 Kg), T4 (3,131.27 Kg), T5 (4,207 Kg) y testigo (2,348.46 Kg). La producción de tubérculos de tercera categoría fue similar en todos los tratamientos, aumentando significativamente en el testigo (ver Figura 9).

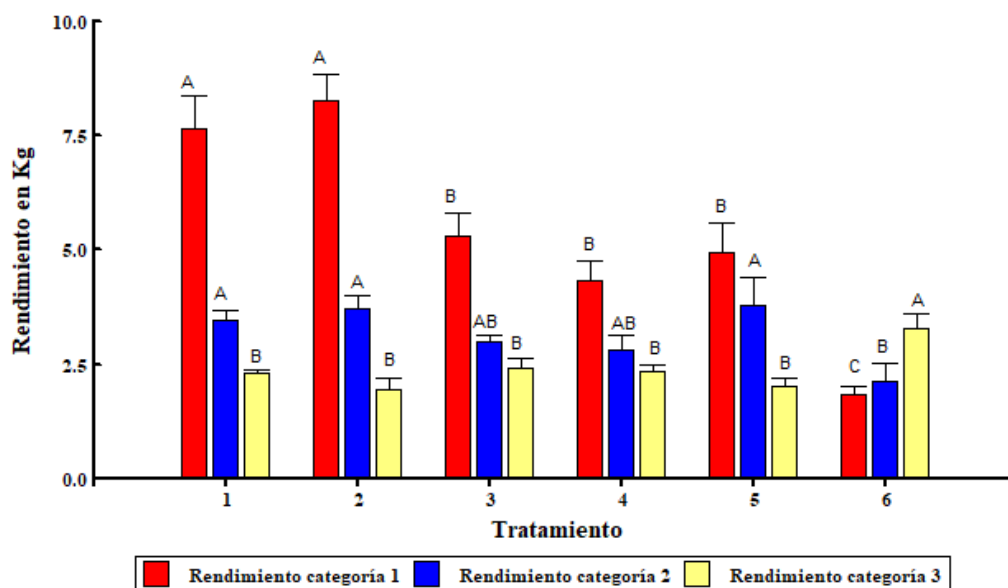


Figura 9. Rendimientos por categoría

*ANAVA y prueba LSD Fisher (5%)

*Medias seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes

*Gráfico error estándar

5.1.6. Costo de los tratamientos

La cantidad de aceite requerido aumenta a medida las plantas de papa crecen y se desarrollan, para un ciclo del cultivo el costo por hectárea de cada uno de los tratamientos es el siguiente: T1 (14,286.00 lps), T2 (28,476. 00 lps), T3 (42,666.00 lps) y T4 (56,856.00 lps).

Por otro lado, el valor del uso de insecticidas sintéticos una vez por semana es de 33,612.50 lempiras. Cabe resaltar que, para la zona de Intibucá, una aplicación de biocidas insectiles sintéticos por semana no es suficiente para mantener las parcelas de papa con baja incidencia de *Bactericera cockerelli*. Si se compara el costo de manejo del control químico con respecto al resto de los tratamientos, se puede determinar que el tratamiento 3 y 4 representan un costo de 26.93 y 69.15% por encima del control químico, mientras que los tratamientos 1 y 2 representan una reducción del 57.49 y 15.28 % en comparación a la aplicación de químicos sintéticos (ver Figura 10).

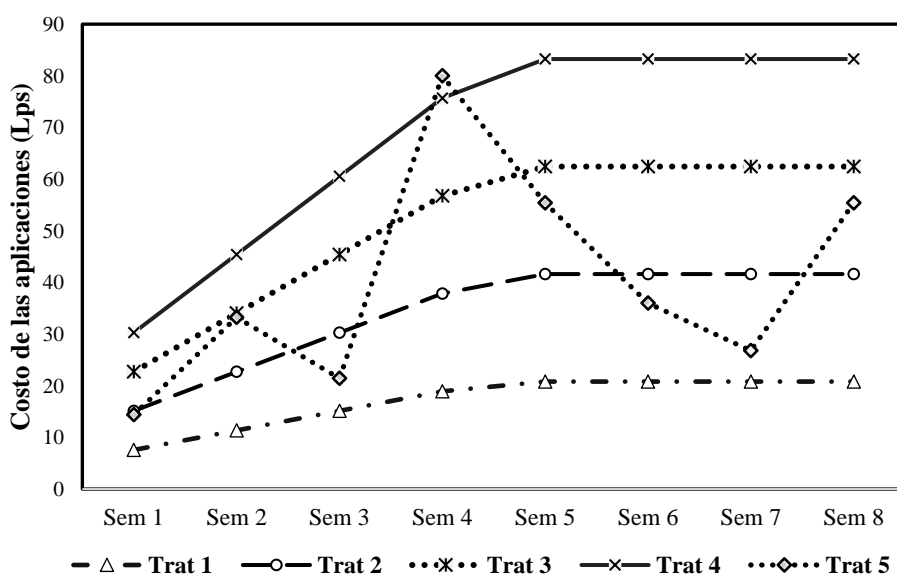


Figura 10. Costo de los tratamientos

*Fuente: elaboración propia

5.2. Discusión

Diversas investigaciones indican que el uso de aceites es una alternativa a utilizar como método de control de insectos, especialmente para aquellos que son vectores de fitopatógenos como es el caso de *Bactericera cockerelli*. Allen *et al.* (1993) en un estudio enfocado al manejo de poblaciones de trips (*Frankliniella occidentalis*) en tomate, menciona que el uso de aceite redujo en un 57% la proporción de plantas con signos de virulencia por virus transmitidos por este insecto. De igual manera, la reducción de infestación de virus diseminados por *Bemisia tabaci* (Jarillo *et al.* 1995).

En relación a *B. cockerelli*, estudios en laboratorio han registrado repelencia y mortalidad por efecto de una emulsión de agua-aceite al 2% (Toledo *et al.* 2017), de igual manera, (Jorgensen *et al.* 2013) reporto la mortalidad de ninfas, y una reducción en la transmisión de *Candidatus liberibacter solanacearum* en plantas de papa gracias al uso de aceites.

En la presente investigación, a través de los resultados obtenidos, se ha comprobado que la aplicación de emulsiones de aceite-agua en diferentes concentraciones (2%, 4%, 6%, 8%), tiene efecto positivo en el manejo de *B. cockerelli*, limitando de manera significativa el aumento de las poblaciones, manteniéndolas cerca del umbral de daño económico de una ninfa por planta (MAG 2010), afectándolas en sus diferentes estadios (huevos y ninfas principalmente), esto se traduce en una reducción en el proceso de transmisión y patogénesis de *Candidatus l. solanacearum*, permitiendo obtener una menor proporción de plantas con signos de afectación por la bacteria, toxinas (punta morada) y tubérculos de mala calidad (zebra chip). De igual manera, al realizar muestreos se encontraron muerte de adultos de *Trialeurodes vaporararium* y arácnidos.

El efecto negativo de la emulsión de aceite-agua sobre las poblaciones de *B. Cockerelli* se da por varias razones, entre ellas, la acción ovicida que limita el intercambio gaseoso, alteración del equilibrio osmótico y la actividad enzimática produciendo una muerte embrionaria, esto es crucial para el manejo de paratíoxa y otros vectores. En los primeros estadios ninfales *B. cockerelli* es inmóvil, esto que permite que las aplicaciones de las emulsiones oleo-acuosas puedan cubrir al insecto y ocasionar la muerte por asfixia y sofocación (Alvarez *et al.* 2016). Debido a que el efecto insecticida del aceite se

manifiesta únicamente si cubre al insecto, en adultos puede ser menos eficaz, ya que estos son muy móviles y pueden evitar que la aspersion los cubra.

En relación a la proporción de plantas con signos visibles de infección por *Candidatus I. solanacearum*, toxinas asociadas a la patología punta morada y tubérculos con zebra chip, hubo una menor cantidad de daño en los tratamientos oleo-acuosos en comparación al método químico una vez por semana y el testigo. Toledo *et al.* (2017) menciona que “resulta sorprendente que aplicaciones tan continuas de insecticidas al follaje, tres veces por semana, no sean capaces de reducir el daño en los tubérculos”. En el caso de este estudio, la aplicación de biocidas insectiles sintéticos se realizó una vez por semana, utilizando moléculas sobresalientes en el manejo de insectos chupadores (ciantraniliprol, thiametoxam, spirotetramat, acetamiprid) y de alto valor monetario, aun así, resultados fueron negativos en comparación al uso de aceite de soya.

Lo anterior hace manifiesto que el uso de agroquímicos sintéticos no garantiza un manejo satisfactorio del psílido (Sengoda *et al.* 2014), debido a que estos insumos no ocasionan mortalidad de manera inmediata (36 minutos) a partir de que los insectos comienzan a alimentarse (Sandanyaka *et al.* 2014), este tiempo puede ser suficiente para que ocurra un proceso infeccioso. Por otro lado, (Toledo *et al.* 2017), indica que en Intibucá Honduras, las aplicaciones foliares de insecticidas sintéticos ocasionan una mortalidad del 90%, dejando un 10% de insectos vivos posiblemente portadores de diferentes agentes infecciosos, los cuales se encargan de proliferar la incidencia de patógenos en las plantaciones.

De igual manera, la aspersion sobre las hojas de las emulsiones oleo-acuosas podría generar un efecto repelente de manera prolongada, evitando que *B. cockerelli* se alimente; al parecer existe una preferencia por parte del psílido a plantas que no son tratadas con aceite de soya, por tal razón, la población de huevos, ninfas y adultos fue significativamente alta en el testigo y en el tratamiento químico, contrario a lo que ocurrió en las unidades tratadas con diferentes concentraciones de aceite de soya.

Lo antes mencionado, resalta la importancia de la búsqueda de metodologías biorracionales para el manejo de paratíozas en el cultivo de papa, no para sustituir el uso de insecticidas sintéticos, si no para reforzar las tácticas de manejo, ya que, en las zonas productoras de papa en Honduras, la alta incidencia de *B. cockerelli* Sulc principalmente en época seca conduce a un elevado daño indirecto por *Candidatus I. solanacearum* y toxinas asociadas a punta morada.

De igual manera, el uso irracional de agroquímicos conduce a un declive en la producción de papa, ya que genera una condición ideal para la adquisición de resistencia por parte del vector a insecticidas que a día de hoy mantienen cierta eficacia en su manejo.

El temor relacionado al uso de aceites como biocidas insectiles radica en un posible efecto fitotóxico, ya que hipotéticamente se ha mencionado que, igual que ocasiona la obstrucción del intercambio gaseoso en los insectos, podría causar el taponamiento de las estomas de las hojas y reducción de la capacidad fotosintética asociada a la limitación de la captura de carbono, al día de hoy este supuesto no está dilucidado. En este estudio se observó que, al aplicar el aceite en horas calurosas, se ocasiona quema en los tejidos de las plantas, este problema se evita realizando las aspersiones en horas frescas, preferiblemente por la tarde y en la noche, permitiendo obtener lotes sin signos visibles de toxicidad.

Por otro lado, a partir de aplicaciones de emulsión agua-aceite al 6%, los rendimientos comienzan a decaer, lo cual se puede relacionar con la buena cobertura de las aplicaciones (ver anexo 21), ya que, para estas concentraciones, las hojas quedan cubiertas prácticamente en su totalidad. Esto indica que, aunque todos los tratamientos ejercen un manejo en las poblaciones de paratíozas, las concentraciones de aceite al 2% y 4% proporcionaron mejores resultados en rendimiento y calidad de los tubérculos. Toledo *et al.* (2017) menciona que bajo a concentraciones de aceite al 2% no existe un efecto negativo, en este caso, se demuestra que se podría utilizar en concentraciones de hasta un 4%. De esta manera, el uso de aceite de soya a concentraciones mencionadas se presenta como una alternativa para el manejo de *B. cockerelli*.

Finalmente, la implementación de aceite de soya al 2% y 4% como método de manejo para *Bactericera cockerelli* en el cultivo de papa resulta económicamente viable, ya que su valor se sitúa por bajo de los costos del tratamiento químico una vez por semana. Es importante considerar que lo recomendado en la zona de Intibucá son tres aplicaciones de insecticidas sintéticos por semana, por lo tanto, el precio de las aplicaciones para el manejo del psílido aumenta de manera significativa.

VI. CONCLUSIONES

El uso de aceite de soya como biocida tuvo efecto positivo en el manejo de las poblaciones de *Bactericera Cockerelli* en sus diferentes estados de desarrollo. En comparación al testigo, la reducción de adultos fue: T1(-34.4%), T2 (-65.6%), T3 (-71.2%), T4 (-75.18%), T5 (-63.2%). Por otro lado, las concentraciones de aceite redujeron la incidencia de ninfas en un 100%, de igual manera, el porcentaje de huevos mermo significativamente T1 (-72.1%), T2 (-63.9%), T3 (-72.6%), T4 (-75.18%), T5 (-55.58%). Aunque los resultados fueron positivos, por sí solo, el aceite de soya no es suficiente para el manejo del vector, pero, en sinergia con las aplicaciones de insecticidas sintéticos, métodos culturales y etológicos, se podría lograr una mejor eficacia en el manejo del insecto fitófago.

Aunque los tratamientos a base de aceite al 6 y 8% presentaron mejor resultado en cuanto a la incidencia de *B. cockerelli*, estos no son recomendados para su utilización ya que ocasionan una reducción en el rendimiento.

La cantidad de plantas afectadas por *Candidatus liberibacter solanacearum* fue menor en las unidades experimentales asperjadas con las emulsiones de aceite de soya y agua, en las diferentes concentraciones se redujo el porcentaje de afectación (T1 -65.63%, T2 -68.75%. T3 -61.46%, T4 -62.5%), en relación al testigo.

Las unidades experimentales tratadas con diferentes emulsiones de aceite de soya y agua, presentaron una menor cantidad de plantas con signos visibles por afectación de la patología punta morada, la infección se redujo en un 67.5 % (T1), 68.75 (T2), 60% (T3) y 61.25% (T4), en comparación al testigo.

La presencia de tubérculos afectados por zebra chip fue generalizada en todos los tratamientos, se estimó que el aceite de soya puede reducir el daño entre el 65%-70%. En

este estudio, el uso de las emulsiones de aceite + agua supero la reducción de afectación lograda con las aplicaciones de insecticidas sintéticos (55 %).

La utilización de aceite de soya como biocida de paratrioza tuvo efectos positivos en el rendimiento. En comparación al testigo, para la categoría 1 el porcentaje de aumento por concentración fue: T1 (314.6%), T2 (347.56%), T3 (187%), T4 (134.59%), de igual manera, los tratamientos 1, 2 y 3 superaron el rendimiento obtenido con las aplicaciones de insecticidas sintéticos donde el aumento de la producción fue de 167% en comparación al testigo.

Comparando el costo del manejo de paratrioza mediante aplicaciones de insecticidas sintéticos, se determina que el tratamiento 3 y 4 representan un valor de 26.93 y 69.15% por encima del manejo químico, mientras que con el T1 y T2 se logra una reducción del 57.49 y 15.28 % en comparación a la aplicación de biocidas insectiles sintéticos, por lo tanto, el uso de aceite de soya al 2 y 4% resulta económicamente viable.

VII. RECOMENDACIONES

Para mejorar la capacidad de contrarrestar las poblaciones de *Bactericera cockerelli*, se recomiendan las aplicaciones de la solución de agua + aceite de soya en concentraciones del 2% y 4% una vez por semana, siempre y cuando exista incidencia del vector.

Al optar por el uso de aceite de soya como método de manejo de paratrioza, se recomienda seguir los parámetros de aplicación y preparación de la solución mencionados en este estudio. Para evitar efectos fitotóxicos, las aplicaciones deben realizarse bajo el estricto horario de aplicación (4:00 pm en adelante).

Para dar continuidad a este estudio, en ensayos posteriores se recomienda utilizar únicamente las concentraciones de aceite al 2-4%. De igual manera, el testigo deberá ser el tratamiento químico convencional, ya que, si existen lotes sin ninguna aplicación, las poblaciones de *B. cockerelli* aumentan de manera significativa, diezmando el efecto de los demás tratamientos.

Al ser insectos muy similares, el aceite de soya también puede llegar a ser una alternativa para el manejo de *Diaphorina citri* causante de HLB en cítricos, por lo tanto, se recomienda realizar un estudio para corroborar este supuesto.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Allen, W.; Therani, B; Luft, R. 1993. Effect of horticultural oil, insecticide soap, and film-farming products on the western flower thrips on the tomato spotted wilt virus. *Plant Disease* 9. Disponible en https://www.apsnet.org/publications/plantdisease/backissues/Documents/1993Articles/PlantDisease77n09_915.PDF.
- Alvarez Serrano, AR; Milan Leyva, E; Matos Castillo, Y. 2016. Estudio del efecto de aceites vegetales en el control del gorgojo (*Callosobruchus maculatus* f) en la conservación de granos de frijol caupí. *Opuntia Brava* Vol. 13 Nú:1-23. Disponible en <https://opuntiabrava.ult.edu.cu/index.php/opuntiabrava/article/view/1120>.
- Balderramo Suárez, KA. 2022. Evaluación de planes de manejo para el control de (*Bactericera cockerelli*) en tomate de árbol (*Solanum betaceum*). ambato, ecuador, universidad técnica de ambato . . Consultado 9 nov. 2023. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/37391/1/Tesis-343> Ingeniería Agronómica - Balderramo Suarez Kleber Alexander.pdf.
- Bujanos Muñiz, R; Ramos Méndez, C. (2015). El psílido de la papa y tomate *Bactericera* (=Paratrioza) *cockerelli* (Sulc) (Hemíptera: Triozidae): ciclo biológico; la relación con las enfermedades de las plantas y la estrategia del manejo integrado de plagas en la región OIRSA. San Salvador, s.e. Consultado 10 nov. 2023. Disponible en <https://www.oirsa.org/contenido/Manual Bactericera Cockerelli version 1.3.pdf>.
- Cañedo, V; Alfaro, A; Kroschel, J. 2011. Manejo integrado de las plagas en hortalizas Principios y referencias técnicas para la sierra del Perú. s.l., s.e. 48 p. Disponible en <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/08/005739.pdf>.

- Delgado-Ortiz, JC; Beltrán-Beache, M; Cerna-Chávez, E; Aguirre-Urbe, LA; Landero-Flores, J; Rodríguez-Pagaza, Y; Ochoa-Fuentes, YM. 2019. *Candidatus liberibacter solanacearum* patógeno vascular de solanáceas: Diagnóstico y control. TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas 22:1-12. DOI: <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2019.0.177>.
- Espinoza, E. 2022. “Evaluación de insecticidas naturales para el control de paratrioza (*Bactericera cockerelli*) en papa (*Solanum tuberosum* var. Super chola) utilizando el método de termonebulización, en la parroquia IZamba del cantón Ambato, provincia de Tungurahua”. s.l., Universidad Técnica de Ambato. 55 p. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/36127/1/Tesis-321> Ingeniería Agronómica - Espinoza Peña Esthela Fabiola.pdf.
- Espinoza, H; Rivera, J; Brown, J; Weller, S. 2014. Manejo Integrado De Plagas De Papa En Honduras. :Manejo integrado de plagas de papa en honduras. Disponible en http://www.fhia.org.hn/downloads/proteccion_veg_pdfs/Guia_Manejo_Integrado_de_Plagas_de_Papa_en_Honduras.pdf.
- FAOSTAT. 2021. Cultivos y productos de la ganadería. Disponible en <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>.
- Gonçalves da Silva, J; De Luna Batista, J; De Brito, CH. 2012. Use of vegetable oils in the control of the citrus black fly, *Aleurocanthus woglumi* (Hemiptera: Aleyrodidae). Revista Colombiana de Entomología 38(2):182-186. DOI: <https://doi.org/10.25100/socolen.v38i2.8988>.
- Gutiérrez Ibáñez, AT; Sánchez Pale, JR; Cerda, AL; Ramírez Dávila, JF; Balbuena Melgarejo, A; Alvarado Gómez, OG. 2013. Detección de *Ca liberibacter solanacearum* y fitoplasmas en cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el Valle de Toluca. SciELO . Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752013000100015.

Jarillo, AM; Garzon Tiznado, JA; Becerra Flora, A; Mejía Ávila, C; Bujanos Muñiz, R; Byerly Murphy, KF. 1995. Ciclo biológico y morfología del salerillo *Paratrioza cockerelli* (Sulc) (Homóptera:Psyllidae) vector de la enfermedad permanente del jitomate, en El Bajío. México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. . Consultado 11 nov. 2023. Disponible en https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7237/Ciclo_biologico_y_morfologia_del_salerillo.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Jorgensen, N; Butler, RC; Vereijssen, J. 2013. Biorational insecticides for control of the tomato potato psyllid. *New Zealand Plant Protection* 66(August 2013):333-340. DOI: <https://doi.org/10.30843/nzpp.2013.66.5708>.

De la Loma, JL. 1982. Experimentación Agrícola. 2 ed. México, UTEHA, S.A. de C.V.

M. Little, T; Jackson, H. 1983. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. México, Editorial Trillas S.A. de C.V. 270 p.

MAG. 2010. SFE desarrolla Plan de Acción ante la cercanía de la Paratrioza (*Bactericera cockerelli* Sulc.). *Actualidad Fitosanitaria* (45):4. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AF-0045.pdf>.

Moreno, SH. 2016. Biología y respuesta comportamental de tamarixia triozae (hymenoptera: eulophidae) sobre *Bactericera cockerelli* (hemiptera: triozidae) en jitomate y chile. Texcoco, Colegio de Postgraduados. . Consultado 10 nov. 2023. Disponible en http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/3373/Hernanadez_Moreno_S_DC_Entomologia_Acarologia_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Paspuezán Calderón, MA. (2019). Daños de *Bactericera cockerelli* en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)”, en el barrio Eloy Alfaro, Parroquia La Libertad. Babahoyo, s.e. Consultado 10 nov. 2023. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/7190/E-Utb-faciag-ing-agron-000198.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

- Ramírez Gomez, M; Santamaria Cesar, E; Mendez Rivera, JS; Rios Flores, JL; Hernandez Salgado, JR; Mendez, JGP. (2008). Insecticides evaluation for paratrypanosoma (*Bactericera cockerelli* b.y l.) control in a jalapeño pepper (*Capsicum annum* L.) cultivar. Durango, s.e. Consultado 9 nov. 2023. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/4555/455545066007.pdf>.
- Rivas López, JJ. 2018. Estudio de caso: La producción de papa en Intibucá. :43. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6291/1/AGN-2018-T034.pdf>.
- Rubio-Covarrubias, OA; Cadena-Hinojosa, MA; Vázquez-Carrillo, G. 2013. Manejo integrado de la punta morada de la papa en el Estado de México. Researchgate :40. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Oswaldo-Rubio/publication/270219398_Manejo_integrado_de_la_punta_morada_de_la_papa_en_el_estado_de_Mexico/links/54a344a70cf267bdb90430b6/Manejo-integrado-de-la-punta-morada-de-la-papa-en-el-Estado-de-Mexico.pdf.
- Rubio Covarrubias, ÁO; Almeyda León, IH; Cadena Hinojosa, MA; Lobato Sánchez, R. 2011. Relación entre *Bactericera cockerelli* y presencia de *Candidatus liberibacter psyllaurous* en lotes comerciales de papa. SciElo 2(2007-0934). Consultado 9 nov. 2023. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342011000100002.
- SAG. 2020. Análisis de Coyuntura del Cultivo de Papa. Disponible en <https://www.upeg.sag.gob.hn/wp-content/uploads/2021/07/ac-papa-v20.1.pdf>.
- SAG. 2021. Papa, Análisis de Coyuntura. Disponible en <https://www.upeg.sag.gob.hn/wp-content/uploads/2022/03/ac-papa-V21.3.pdf>.
- Salas, J. 1985. Protección de semillas de maíz (*Zea mays*) contra el ataque de *Sitophilus oryzaea* través del uso de aceites vegetales. Agronomía Tropical 35(January 1985):4-6. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Salas-8/publication/348607008_Proteccion_de_semillas_de_maiz_Zea_mays_contra_el_ataque_de_Sitophilus_oryzae_a_traves_del_uso_de_aceites_vegetales/links/6007365792851c13fe238d76/Proteccion-de-semillas-de-maiz-Zea-.

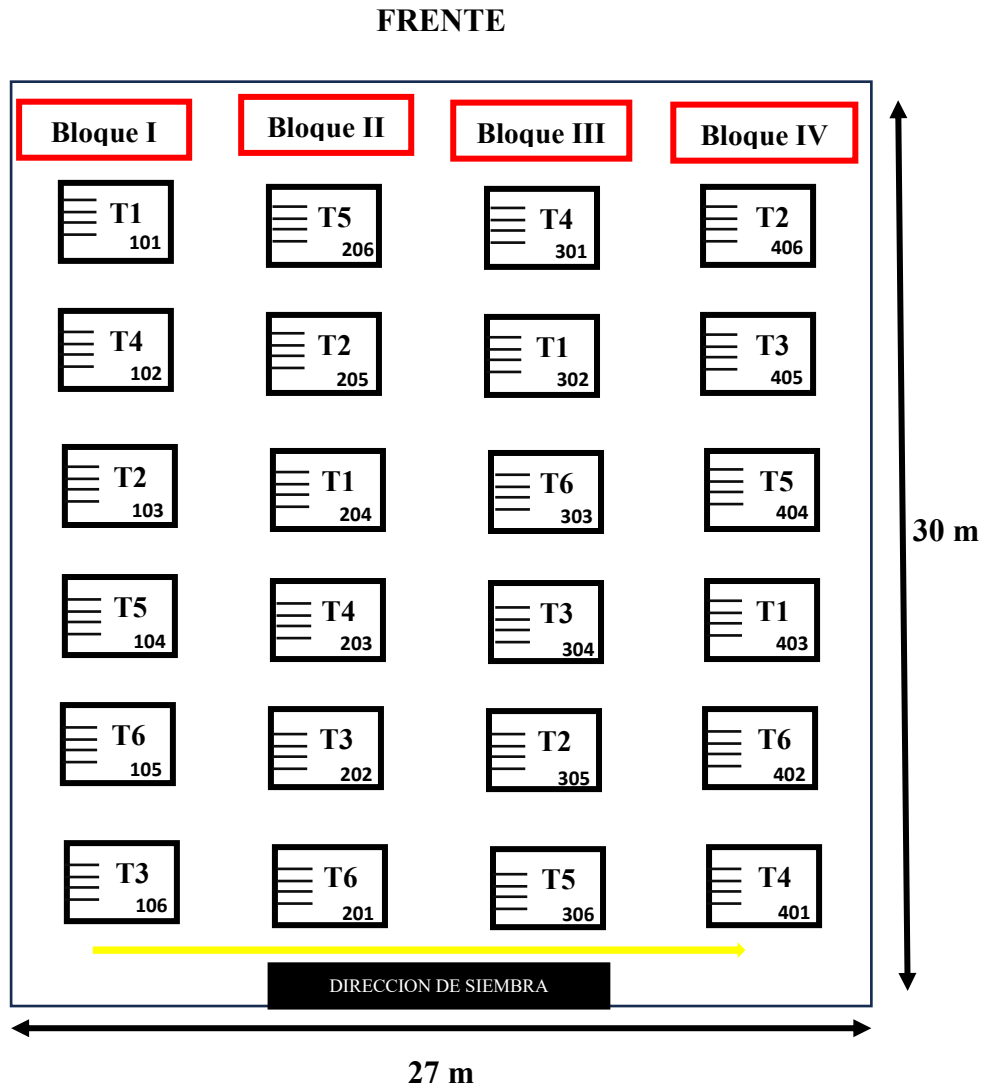
- Sandanayaka, WRM; Moreno, A; Tooman, LK; Page-Weir, NEM; Fereres, A. 2014. Stylet penetration activities linked to the acquisition and inoculation of *Candidatus Liberibacter solanacearum* by its vector tomato potato psyllid. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 151(2):170-181. DOI: <https://doi.org/10.1111/eea.12179>.
- Sengoda, VG; Cooper, WR; Swisher, KD; Henne, DC; Munyaneza, JE. 2014. Latent period and transmission of *Candidatus liberibacter solanacearum* by the potato psyllid *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae). *PLoS ONE* 9(3):1-10. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093475>.
- Stoller. 2023. Aceite de Soya (Insectos y Ácaros de Dificil Control). Disponible en <https://stollermexico.com/wp-content/uploads/2023/07/GPSO.pdf>.
- Syngenta. 2012. Water-sensitive paper for monitoring spray distribution. s.l., s.e. p. 1-15. Disponible en https://aws.agroconsultasonline.com.ar/ticket.html/Water Sensitive Paper Syngenta Agro.pdf?op=d&ticket_id=2388&evento_id=4891.
- Toledo, M. (2014). Manejo Integrado del Insecto Paratrioza (*Bactericera Cockerelli*) en el Cultivo de Papa en Honduras. s.l., s.e. Consultado 10 nov. 2023. Disponible en <https://dicta.gob.hn/files/2014,-Manejo-integrado-del-insecto-Paratrioza,-G.pdf>.
- Toledo, M. 2016. El cultivo de papa en Honduras. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. DICTA :1-100. Disponible en <https://repositorio.iica.int/bitstream/11324/3107/1/BVE17069070e.pdf>.
- Toledo, M. (2016). Manejo de la paratrioza (*Bactericera cockerelli*) en el cultivo de la papa. Tegucigalpa, s.e. Disponible en <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/14307/BVE21021271e.pdf>.
- Toledo, M; Domínguez, Á; Inestroza, T; Torres, C. 2017. Efecto de frecuencias de aplicación foliar de aceite de soya sobre la capacidad de paratrioza (*Bactericera cockerelli*) de dispersar el agente causal de la “papa rayada” (*Candidatus liberibacter solanacearum*) en plantas de papa (*Solanum tuberosum*). La Esperanza, Secretaría de agricultura y Ganadería de Honduras. .

Universidad de Nariño. 2021. La Punta Morada de la Papa y Zebra Chip: Enfermedades emergentes que pone en riesgo la producción de papa en Colombia. Torobajo Pasto, s.e. Disponible en <https://www.udenar.edu.co/punta-morada-enfermedades-riesgo-produccion-papa-colombia/>.

Villegas Rodríguez, F. 2015. Evaluación y producción masiva de hongos entomopatógenos para el manejo del psilido de la papa (*Bactericera cockerelli* sulc) en cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y chile (*Capsicum annuum* L.) en invernadero. Proceedings of the National Academy of Sciences 3(1):1-10. Disponible en <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:EM+Demystified:+An+Expectation-Maximization+Tutorial#0%0Ahttps://www2.ee.washington.edu/techsite/papers/documents/UWEETR-2010-0002.pdf%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/srep22311%0Ahttp://www.life.um>.

ANEXOS

Anexo 1. Croquis de la parcela experimental



Descripción del ensayo:

- A unidad experimental: 24 m²
- A bloque: 144 m²
- A tratamientos: 576 m²
- A total: 810 m²

Bloque = Repetición



Anexo 2. Preparación de suelo y siembra



Anexo 3. Semilla variedad DICTA PUREN



Anexo 4. Aceite de soya utilizado en los tratamientos



Anexo 5. Parcela experimental



Anexo 6. Fitotoxicidad por aplicaciones en jornada matutina (7:00am-11:00am)



Anexo 7. Estado de la planta bajo aplicaciones en horario vespertino (4:00 pm)



Anexo 8. Realización de muestreos



Anexo 9. Estado de las unidades experimentales tratadas con aceite de soya



Anexo 10. Estado de las unidades experimentales sin ninguna aplicación



Anexo 11. Cosecha de las unidades experimentales



Anexo 12. Clasificación de los tubérculos



Anexo 13. Tubérculos seleccionados al azar para prueba de zebra chip



Anexo 14. Determinación de tubérculos con zebra chip



Anexo 15. Zebra chip Tratamiento 4



Anexo 16. Zebra chip Tratamiento 3



Anexo 17. Zebra chip Tratamiento 1



Anexo 18. Zebra chip Tratamiento 2

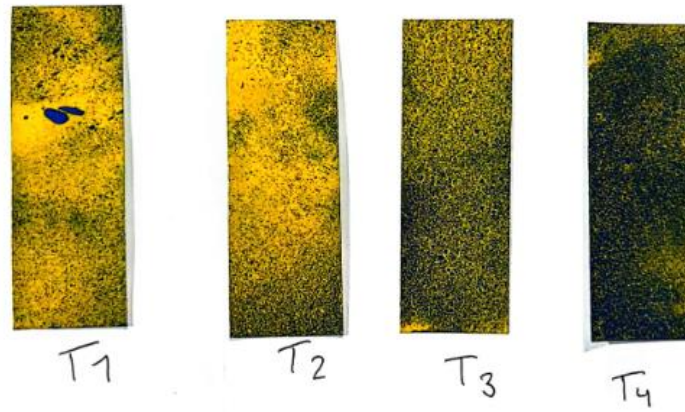


Anexo 19. Zebra chip Tratamiento 5

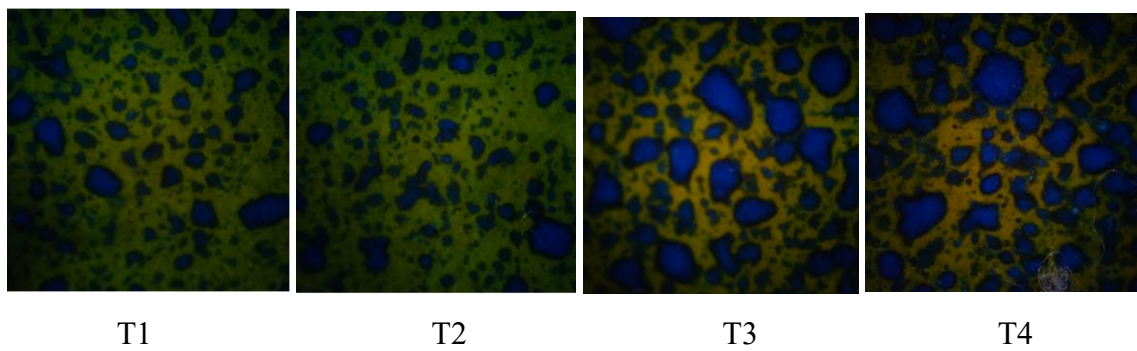


Anexo 20. Zebra chip Testigo





Anexo 21. Pruebas de cobertura de las aplicaciones a base de aceite de soya



Anexo 22. Cantidad de gotas por $\frac{1}{4}$ cm² (lente 30x)

Promedio de adultos por planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Promedio de adultos por pl..	24	0.88	0.85	23.05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.64	5	0.53	27.25	<0.0001
TRATAMIENTO	2.64	5	0.53	27.25	<0.0001
Error	0.35	18	0.02		
Total	2.99	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.20691

Error: 0.0194 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
4	0.31	4	0.07	A
3	0.36	4	0.07	A
2	0.43	4	0.07	A
5	0.46	4	0.07	A
1	0.82	4	0.07	B
6	1.25	4	0.07	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 23. ANAVA y prueba de medias para adultos de *B. cockerelli* por planta

Promedio de huevos por planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Promedio de huevos por pla..	24	0.68	0.59	48.28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	151.20	5	30.24	7.49	0.0006
TRATAMIENTO	151.20	5	30.24	7.49	0.0006
Error	72.71	18	4.04		
Total	223.91	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.98571

Error: 4.0393 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
4	2.38	4	1.00	A
3	2.63	4	1.00	A
1	2.67	4	1.00	A
2	3.46	4	1.00	A
5	4.26	4	1.00	A
6	9.59	4	1.00	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 24. ANAVA y prueba de medias para huevos de *B. cockerelli* por planta

Promedio de ninfas por planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Promedio de ninfas por pla..	24	0.99	0.99	21.09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1039.80	5	207.96	419.89	<0.0001
TRATAMIENTO	1039.80	5	207.96	419.89	<0.0001
Error	8.91	18	0.50		
Total	1048.71	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.04548

Error: 0.4953 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
4	0.00	4	0.35	A
3	0.00	4	0.35	A
1	0.00	4	0.35	A
2	0.00	4	0.35	A
5	2.06	4	0.35	B
6	17.96	4	0.35	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 25. ANAVA y prueba de medias para ninfas de *B. cockerelli* por planta

Plantas Con Clso 34 dds*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Plantas Con Clso 34 dds*	24	0.73	0.66	45.83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	194.33	5	38.87	9.85	0.0001
TRATAMIENTO	194.33	5	38.87	9.85	0.0001
Error	71.00	18	3.94		
Total	265.33	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.95045

Error: 3.9444 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
4	1.25	4	0.99	A
2	1.75	4	0.99	A B
1	4.00	4	0.99	A B C
3	4.25	4	0.99	B C
5	4.75	4	0.99	C
6	10.00	4	0.99	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 26. ANAVA y prueba de medias para plantas con Clso 34 dds

Plantas Con CLso 50 dds*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Plantas Con CLso 50 dds*	24	0.82	0.77	25.18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	274.50	5	54.90	16.47	<0.0001
TRATAMIENTO	274.50	5	54.90	16.47	<0.0001
Error	60.00	18	3.33		
Total	334.50	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.71228

Error: 3.3333 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
2	4.25	4	0.91	A
4	5.00	4	0.91	A
1	5.25	4	0.91	A
3	6.50	4	0.91	A B
5	8.25	4	0.91	B
6	14.25	4	0.91	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 27. ANAVA y prueba de medias para plantas con Clso 50 dds

Plantas Con CLso 70 dds*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Plantas Con CLso 70 dds*	24	0.90	0.87	18.60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	902.38	5	180.48	32.73	<0.0001
TRATAMIENTO	902.38	5	180.48	32.73	<0.0001
Error	99.25	18	5.51		
Total	1001.63	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=3.48838

Error: 5.5139 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
2	7.50	4	1.17	A
1	8.25	4	1.17	A
4	9.00	4	1.17	A
3	9.25	4	1.17	A
5	17.75	4	1.17	B
6	24.00	4	1.17	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 28. ANAVA y prueba de medias para plantas con Clso 70 dds

Plantas con PM* 50 dds*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Plantas con PM* 50 dds*	24	0.62	0.52	42.34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	82.33	5	16.47	5.99	0.0020
TRATAMIENTO	82.33	5	16.47	5.99	0.0020
Error	49.50	18	2.75		
Total	131.83	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.46355

Error: 2.7500 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
4	2.00	4	0.83	A
1	2.25	4	0.83	A
2	2.50	4	0.83	A
3	4.25	4	0.83	A B
5	5.50	4	0.83	B C
6	7.00	4	0.83	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 29. ANAVA y prueba de medias para plantas con PM 50 dds

Plantas con PM* 70 dds*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Plantas con PM* 70 dds*	24	0.89	0.85	21.00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	672.00	5	134.40	27.97	<0.0001
TRATAMIENTO	672.00	5	134.40	27.97	<0.0001
Error	86.50	18	4.81		
Total	758.50	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=3.25662

Error: 4.8056 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
2	6.25	4	1.10	A
1	6.50	4	1.10	A
4	7.75	4	1.10	A
3	8.00	4	1.10	A
5	16.00	4	1.10	B
6	20.00	4	1.10	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 30. ANAVA y prueba de medias para plantas con PM 70 dds

No. Tubérculos categoría 1

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No. Tubérculos categoría 1..	24	0.72	0.64	23.83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3732.38	5	746.48	9.04	0.0002
TRATAMIENTO	3732.38	5	746.48	9.04	0.0002
Error	1486.25	18	82.57		
Total	5218.63	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=13.49909

Error: 82.5694 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
6	15.75	4	4.54	A
4	33.00	4	4.54	B
5	36.75	4	4.54	B C
3	39.25	4	4.54	B C
1	49.00	4	4.54	C D
2	55.00	4	4.54	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 31. ANAVA y prueba de medias para tubérculos categoría 1

No. Tubérculos categoría 2

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No. Tubérculos categoría 2..	24	0.34	0.16	17.28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	433.33	5	86.67	1.84	0.1549
TRATAMIENTO	433.33	5	86.67	1.84	0.1549
Error	846.00	18	47.00		
Total	1279.33	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=10.18460

Error: 47.0000 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
6	31.75	4	3.43	A
4	38.00	4	3.43	A B
3	38.25	4	3.43	A B
1	42.75	4	3.43	B
5	43.50	4	3.43	B
2	43.75	4	3.43	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 32. ANAVA y prueba de medias para tubérculos categoría 2

No. Tubérculos categoría 3

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No. Tubérculos categoría 3..	24	0.69	0.61	11.95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2413.33	5	482.67	8.17	0.0004
TRATAMIENTO	2413.33	5	482.67	8.17	0.0004
Error	1064.00	18	59.11		
Total	3477.33	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=11.42167

Error: 59.1111 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
2	55.00	4	3.84	A
1	57.50	4	3.84	A B
4	60.25	4	3.84	A B
3	61.25	4	3.84	A B
5	66.75	4	3.84	B
6	85.25	4	3.84	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 33. ANAVA y prueba de medias para tubérculos categoría 3

Rendimiento categoría 1

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento categoría 1	24	0.84	0.80	19.60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	530.43	5	106.09	19.56	<0.0001
TRATAMIENTO	530.43	5	106.09	19.56	<0.0001
Error	97.63	18	5.42		
Total	628.06	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=3.45975

Error: 5.4237 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
6	4.08	4	1.16	A
4	9.55	4	1.16	B
5	10.88	4	1.16	B
3	11.68	4	1.16	B
1	16.88	4	1.16	C
2	18.23	4	1.16	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 34. ANAVA y prueba de medias para rendimiento categoría 1

Rendimiento categoría 2

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento categoría 2	24	0.45	0.29	23.73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	39.60	5	7.92	2.92	0.0422
TRATAMIENTO	39.60	5	7.92	2.92	0.0422
Error	48.86	18	2.71		
Total	88.46	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.44745

Error: 2.7142 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
6	4.65	4	0.82	A
4	6.20	4	0.82	A B
3	6.63	4	0.82	A B
1	7.65	4	0.82	B
2	8.20	4	0.82	B
5	8.33	4	0.82	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 35. ANAVA y prueba de medias para tubérculos categoría 2

Rendimiento categoría 3

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento categoría 3	24	0.60	0.49	17.16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	22.37	5	4.47	5.48	0.0031
TRATAMIENTO	22.37	5	4.47	5.48	0.0031
Error	14.70	18	0.82		
Total	37.07	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.34251

Error: 0.8167 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
2	4.30	4	0.45	A
5	4.45	4	0.45	A
1	5.05	4	0.45	A
4	5.20	4	0.45	A
3	5.35	4	0.45	A
6	7.25	4	0.45	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 36. ANAVA y prueba de medias para tubérculos categoría 3

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No. Tubérculos con ZC	24	0.46	0.31	41.04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	69.71	5	13.94	3.05	0.0362
TRATAMIENTO	69.71	5	13.94	3.05	0.0362
Error	82.25	18	4.57		
Total	151.96	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=3.17561

Error: 4.5694 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
2	3.50	4	1.07 A
4	4.25	4	1.07 A
3	4.25	4	1.07 A
1	5.00	4	1.07 A
5	5.50	4	1.07 A
6	8.75	4	1.07 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 37. ANAVA y prueba de medias para tubérculos con zebra chip